



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Russisch-deutsche Terminologie der Lichttechnik
unter besonderer Berücksichtigung der
LED-Technologie“

Verfasserin ODER Verfasser

MMag. (FH) Marianna Holub

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Philosophie (Mag.phil.)

Wien, 2009

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 325 331 342

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Dolmetscherausbildung

Betreuerin / Betreuer:

Univ.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Budin

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
1 Motivation und Zielsetzung.....	4
2 Terminologiewissenschaftlicher Teil.....	7
2.1 Fachterminologie und Fachübersetzen.....	7
2.2 Terminologie vs. Nomenklatur	9
2.3 Terminusbildung im Russischen	11
2.3.1 Analytische Benennungen	13
2.3.2 Wortbildung als innersprachliches Verfahren.....	16
2.3.3 Semantische Deviation	17
2.3.4 Entlehnung.....	18
2.4 Terminusbildung im Deutschen.....	20
2.5 Terminologische Normung und Sprachnormung.....	21
3 Grundbegriffe und Grundgrößen	25
3.1 Licht und Strahlung	25
3.2 Licht und Sehen	27
3.2.1 Aufbau des Auges.....	27
3.2.2 Eigenschaften und Funktionen des Auges.....	28
3.3 Licht und Farbe	32
3.3.1 Grundbegriffe der Farbmetrik.....	32
3.3.2 Farbmischungen	35
3.3.3 Farbwiedergabe	35
3.4 Lichttechnische Grundgrößen	37
3.4.1 Strahlungsphysikalische Größen und Einheiten.....	37
3.4.2 Stoffkennzahlen	40
3.5 Terminologie	42
4 Lichtquellen	66
4.1 Temperaturstrahler	66
4.1.1 Glühlampen.....	66
4.1.2 Halogenglühlampen	68

4.2	Gasentladungslampen	70
4.2.1	Niederdrucklampen	71
4.2.2	Hochdrucklampen	74
4.3	Lampenbezeichnungssysteme in Europa	77
4.3.1	LBS	77
4.3.2	ILCOS	77
4.4	Leuchtmittelsockel	78
4.4.1	Einseitige Sockel	78
4.4.2	Zweiseitige Sockel	79
4.4.3	Glassockel	79
4.4.4	Keramiksockel	79
4.4.5	Metallsockel	80
4.5	Terminologie	81
5	Leuchtdiode (LED)	89
5.1	Geschichte von LED	89
5.2	Funktionsweise einer LED	91
5.2.1	p-n-Übergang	92
5.2.2	Halbleiterwerkstoffe	94
5.2.3	Heteroübergänge	95
5.3	Herstellung von Leuchtdioden	96
5.4	LED-Bauformen	98
5.4.1	Bedrahtete (radiale) LEDs	98
5.4.2	SMD-LEDs	99
5.4.3	COB-LEDs	100
5.4.4	Hochleistungs-LEDs	101
5.4.5	Organische LEDs (OLED)	101
5.5	LED-Komponenten	102
5.5.1	LED-Module	102
5.5.2	LED-Steuer- und Betriebsgeräte	103
5.5.3	Thermomanagement	104
5.6	Materialien und Farben	104

5.6.1	Farbige LEDs	104
5.6.2	Weiße LEDs	106
5.7	Eigenschaften von LEDs	107
5.7.1	Elektrische Kennwerte	107
5.7.2	Lichttechnische Kennwerte	109
5.7.3	Betriebsparameter von LEDs	112
5.8	Anwendungen von LEDs	114
5.9	Terminologie	117
6	Anhang	131
6.1	Internationales Lampenbezeichnungssystem ILCOS (D – R)	131
6.2	Halbleitermaterialien zur LED-Erzeugung (D – R)	136
7	Literaturverzeichnis	137
7.1	Literatur zur Fachsprachenforschung	137
7.2	Wörterbücher und Nachschlagewerke	138
7.3	Web-Quellen	140
8	Abbildungsverzeichnis	141
9	Tabellenverzeichnis	142
10	Abkürzungen	143

1 Motivation und Zielsetzung

Als Mitte der 90-er Jahre des vergangenen Jahrhunderts zahlreiche ausländische Beleuchtungsanbieter den geöffneten russischen Markt zu erkunden begannen, stieg einerseits der Bedarf an lichttechnischen Übersetzungen um das Vielfache. Andererseits mussten Vertriebsmitarbeiter der vielen neu gegründeten privaten Beleuchtungsfirmen in Russland, die kein lichttechnisches Fachwissen besaßen, geschult werden. In terminologischer Hinsicht stellten das „Entziffern“ der für das Fachrussische typischen komplizierten Abkürzungen und die Zuordnung der dahinter verborgenen Sachinhalte die größte Schwierigkeit dar. Nicht alle Firmen konnten oder wollten technische Berater und professionelle Fachübersetzer heranziehen, um angehende Manager und Kundenbetreuer mit den Feinheiten des Fachwortschatzes vertraut zu machen. Infolgedessen entstand abseits der akademischen Terminologieforschung ein Wildwuchs an neuen Begriffen, die von lichttechnischen Amateuren erschaffen waren und in Extremfällen nur in einem Unternehmen den Gebrauch fand. Aufgrund seiner Marknähe prägte und prägt in Russland genau dieses terminologische „Paralleluniversum“ die moderne lichttechnische Fachsprache in der Praxis maßgeblich.

Das Auseinanderklaffen der russischen Terminologiewissenschaft und der übersetzungsorientierten Terminologiearbeit spiegelte naturgemäß die Veränderungen auf dem Gebiet der Beleuchtung wieder. Mit der wirtschaftlichen Öffnung des Landes kam eine Vielzahl an Beleuchtungsanlagen und -komponenten auf den Markt, die in Russland bis dahin unbekannt waren. Verfasser und Übersetzer der ersten russischen Beleuchtungskataloge betraten somit ein terminologisches Neufeld. Viele Fachbegriffe mussten buchstäblich neu erfunden werden. Angesichts des wirtschaftlichen und Zeitdrucks konsultierten nur wenige Unternehmen professionelle Lichttechniker beim Verfassen von Fachtexten. Die meisten erkundeten das Neufeld im Alleingang.

Der Einsatz fachlich und sprachlich unzureichend ausgebildeter Übersetzer senkte das allgemeine Niveau der Fachtexte und leistete seinen Beitrag zur Zer-

bröckelung des bis dahin klar definierten Gefüges der lichttechnischen Terminologie in Russland.

Die Auswirkungen dieser Entwicklung wurden dem Verfasser der vorliegenden Arbeit Ende 1990-er Jahre vor Augen geführt. Einige zum Lektorieren vorgelegte, ins Russische übersetzte Kataloge wiesen erhebliche sprachliche und fachliche Mängel auf. Somit wurde gegen die beiden Grundregeln der professionellen Fachübersetzung in der Formulierung von Ingo Hohnhold eindeutig verstoßen (Hohnhold, 17 f). Nichtsdestotrotz wurden derartige Fachübersetzungen von den Auftraggebern akzeptiert und gerieten in den praktischen Umlauf.

Die Abspaltung der anwendungsorientierten Terminologie vom Wortschatz der russischen Fachliteratur erschien Ende der 1990-er Jahre endgültig. Zumal konnte der massive Anstieg neuer Fachbegriffe von der akademischen Forschung nicht erfasst bzw. einheitlich benannt und erst recht nicht normiert werden. Sowohl das Segment der modernen Bezeichnungen als auch die gesamte fachspezifische Phraseologie müssen von den Übersetzern und zum Teil Anbietern der Beleuchtung selbst erarbeitet werden.

Derzeit zeigen Diskussionen sowohl in den Medien als auch in den Internetforen für Fachübersetzer¹, dass die Letzteren sowohl ein umfassendes Wörterbuch der Lichttechnik als auch Synergien zwischen der Wissenschafts-, Techniker- und Verkäufersprache vermissen. Ebenfalls einig sind sich die Diskutierenden, ob Sprachpuristen und Sprachmodernisten, über den Mangel an sprachlich und fachlich qualifizierten technischen Übersetzern am russischen Markt. Ein Grund dazu wird mehrheitlich in der Massenauswanderung, vor allem in die USA, der gut ausgebildeten und interkulturell orientierten Spezialisten während wirtschaftlichen und politischen Instabilität der 1990er Jahre. Die große Masse unqualifizierter Amateurübersetzer verursachte bereits Anfang der 90er Jahre einen

¹ Z. B. hier: <http://www.lingvoda.ru/forum/actualtopics.aspx?bid=2> (10.08.2009)

starken Preisverfall und eine Verschlechterung des Berufsbildes der Fachübersetzer. Damit hat die Branche nach wie vor zu kämpfen.²

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine Brücke zwischen der akademischen Fachsprache der Lichttechnik und der Fachsprache der modernen Lichtanwendung im Deutschen und Russischen zu schlagen. Im Mittelpunkt der Untersuchung steht die LED-Technologie, einer der modernsten und zukunftsweisenden Segmente der Lichttechnik. Die intensive Forschung auf dem Gebiet der Halbleitertechnik der letzten 30 Jahre schlägt sich u. a. in der – z. B. im Vergleich zu den konventionellen Leuchtmitteln – höheren Dynamik der Fachterminologie. Die allgemeinen physikalischen und technischen Grundlagen der Beleuchtung werden nur am Rande behandelt, weil sie in Fachwörterbüchern, vor allem im viersprachigen „Wörterbuch Lichttechnik“ von Ralf Zimmermann, ausreichend erfasst sind.

Ergebnisse werden in Form eines deutsch-russischen Glossars dargestellt, der eine Hilfe für Übersetzungen im Bereich Lichttechnik bieten soll. Zur Erarbeitung des Glossars dienten originalsprachige Fachzeitschriften, wissenschaftliche Monografien, Produktdokumentationen und – bis zu einem gewissen Maß – auch terminologische Sammlungen von Beleuchtungsfirmen.

² Siehe z. B. Grabovskij B. N.: „Блеск и нищета технического перевода в России“ („Glanz und Elend der technischen Übersetzung in Russland“), in: Мир перевода, 1/2005

2 Terminologiewissenschaftlicher Teil

Es ist nicht Gegenstand des vorliegenden theoretischen Kapitels, allgemein anerkannte oder auch strittige Standpunkte der Fachsprachen- und Terminologielehre erneut vorzustellen oder zu diskutieren. Hierzu liegt eine Anzahl vorzüglicher Arbeiten vor, wie die Standardwerke von Wüster (1985), Felber/Budin (1989) sowie Arntz/Pichler (1989). Im terminologiewissenschaftlichen Teil geht es um einige Erläuterungen zur technischen Fachsprache im Allgemeinen sowie zur modernen russischen Fachsprache im Besonderen, unter anderem im kontrastiven Vergleich mit dem Deutschen.

2.1 Fachterminologie und Fachübersetzen

Fachsprachen und die sie konstituierende Terminologie bilden mit Gemeinsprachen ein System. Daher nehmen die Fachsprachen bis zu einem guten Teil Charakteristika der jeweiligen Einzelsprache in sich auf. Aus diesem Umstand lässt es sich wiederum erklären, dass sich die Fachterminologie verschiedener Einzelsprachen nicht verlustfrei aufeinander abbilden lässt.

Je nach Gebrauchssphäre unterscheiden sich innerhalb technischer Fachsprachen mehrere vertikale Schichten: Wissenschaftssprache, Technikersprache und Verkäufersprache. „Der Grad der Formalität und Technizität nimmt von der Wissenschaftssprache zur Verkäufersprache deutlich ab.“ (Bruns, S. 38). Die letztere grenzt an die Allgemeinsprache, weil ihre Aufgabe u. a. darin besteht, „(...) dem Laien technische Sachverhalte so anschaulich und nahe zu bringen, dass sie einen Kaufanreiz bewirken.“ (Bruns, S. 38)

Im Betrachtungsfokus der vorliegenden Arbeit steht der Wortschatz mit dem am meisten ausgeprägten Terminologiecharakter – der fachsprachliche Wortschatz der Wissenschaft und teilweise der fachlichen Praxis.

Horn-Helf weist darauf hin, dass Terminologie, die einen Fixpunkt in der Fachübersetzung bildet, „(...) nicht Gegenstand von Übersetzung sein kann.“ (Horn-Helf 1999, 116) Das hat zur Folge, dass Termini der Ausgangssprache nicht übersetzt, sondern durch die von Fachleuten gebildeten Termini ersetzt werden.

Nur letztere führt zur terminologischen Äquivalenz. „Denn die von Fachleuten in verschiedenen Kulturen verwendeten Termini eben nicht in der Relation ‚Übersetzung von‘ stehen, sofern es sich nicht tatsächlich um unterlinguale Entlehnungen (...)“ handelt. (Horn-Helf 1999, 117 f)

Nach Horn-Helf sei die „Invarianz textinterner Faktoren“ bei Fachübersetzung unzulässig. Zumal können technische AT in allen Textteilen und auf allen Textebenen Mängel aufweisen. Daher sind „(...) ausschließlich textexterne Faktoren wie außersprachlicher Sachverhalt, ZT-Terminologie und standardsprachliche Formulierungen, ZS-Textsortenkonventionen u. s. w. für die ZT-Produktion maßgebend.“ (Horn-Helf 1999, 272 f) Der ZT als solcher muss – unabhängig vom AT – die von der Textlinguistik erarbeiteten Textualitätsmerkmale aufweisen: Kohäsion, Kohärenz, Intentionalität, Akzeptabilität, Informativität, Situationalität, Intertextualität. (Horn-Helf 1999, 274 f) Darüber hinaus muss der ZT über bestimmte Merkmale verfügen, die für Fachtexte im Allgemeinen und für Texte der jeweiligen Fachtextsorte im betreffenden Fachgebiet der Zielkultur charakteristisch sind. Mit anderen Worten: Der Fachtext als Übersetzung muss „(...) frei von Interferenzen jeglicher Art sein.“ (Horn-Helf 1999, 277 f).

Es ist wohl eine Binsenweisheit, dass für die Übersetzung technischer AT neben Terminologie auch Sach- und Fachwissen erforderlich ist, die weit über den Rahmen von Welt- und Alltagswissen hinausgeht. Aber auch die Beschaffung der ZS-Terminologie ist mit einem erheblichen Aufwand verbunden. Terminologie wird zwar genormt, aber genormte Termini werden in der Praxis durchaus nicht konsequent verwendet. In weiten Teilen bilden Firmen eigene Fachwörter, manchmal ausschließlich zu dem Zweck, ihr Produkt von dem der Konkurrenz abzuheben. Andererseits erhalten Termini durch ihre Verwendung in einem konkreten Text auch durchaus Bedeutungen, die ganz oder teilweise von denen der „üblichen“ oder genormten Bezeichnungen abweichen.

Ein anderes Problem technischer Texte ist die ausgedehnte Bildung von Doubletten, „(...) die in unterschiedlicher Absicht als Substituten der Termini verwendet werden.“ (Horn-Helf 1999, 104-105) Daher „(...) ist es wichtig, die beim Auftraggeber bereits verwendete ZS-Terminologie zu beschaffen.“ Sowohl Horn-

Helf (Horn-Helf 1999, 105) als auch Hohnhold (Hohnhold, 111) warnen vor dem blinden Vertrauen auf Wörterbücher oder externe Datenbanken, weil diese Quellen mit dem natürlichen Sprachwandel nicht mithalten können. Eine zuverlässigere Methode der Terminologiebeschaffung, die für die erforderliche terminologische Äquivalenz sorgt, ist die Auswertung von Originaltexten (Hohnhold, 64). Des Weiteren eignet sich „mehrsprachige (...) terminologische Textauswertung (...) sowohl für translatorische Zwecke als auch als Ausbildung in einem Fachbereich zugleich“. (Hohnhold, ebenda).

Schließlich sei auch die oft im Vergleich zu literarischen Texten unzureichende sprachliche Qualität technischer AT zu erwähnen, die beim Fachübersetzen ebenfalls ein Problem darstellt. „Ein naheliegender Grund für diese Qualität mag sein, dass technische Text in der Regel keine Produkte eigenen Rechts, sondern zwangsweise erzeugte Anhängsel der technischen Produkte sind. Des Weiteren fungieren die als AT-P weitgehend Fachleute technischer Professionen, die mit den Anforderungen technischer Textproduktion nicht vertraut sind.“ (Horn Helf 1999, 106)

2.2 Terminologie vs. Nomenklatur

Terminologie und Nomenklatur gehören dem Subsystem der Fachsprache(n). Bei ihrer Differenzierung bestehen jedoch Unklarheiten. Die vielen verschiedenen Definitionen des Begriffs „Terminologie“ lassen sich allgemein und knapp als „das Begriffs- und Benennungssystem eines Fachgebiets“ zusammenfassen. (Bruns, S. 39) Der wichtigste Unterschied zwischen Terminus und Nomenklaturzeichen besteht darin, dass der erstere „begriffliche Substanz besitzt“, während das letztere „eine etikettierende Funktion hat“. (Fleischmann 1996, 173).

„Nomenklaturzeichen beschreiben beispielsweise eine Ausrüstung nach ihrer Funktion oder ihrem Verwendungszwecke, während ein Terminus sie nach ihrer Wirkungsweise bezeichnet.“ (Horn-Helf 1999, 170 f) Auch Morgenroth weist auf die „Eigennamenähnlichkeit von Nomenklaturzeichen“ hin. (Morgenroth 1996, 18)

Es gibt auch Definitionen von Nomenklaturzeichen, die auf „activity“ (Bondarenko in: Morgenroth 1996) und „Medium“ basieren. Sehr wichtig für die Differenzierung ist die Tatsache, dass Nomenklaturzeichen zumeist „(...) in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Terminus genannt werden (...)“, z. B. nach dem Muster „X dient als Y“ bzw. „Y ist ein X.“ (Horn-Helf 1999, 171 f).

Die „sowjetische Schule“ der Terminologie versuchte bereits in ihrer Anfangszeit in den 1930-er Jahren, diese Begriffsdichotomie herauszuarbeiten und zu begründen (Morgenroth, 12), z. B. in den Arbeiten von G. O. Vinokur. Die klare Trennung der „bedeutenden“ Terminologie von der „benennenden“ Nomenklatur führten A. A. Reformatsky, D. S. Lotte und T. L. Kandelaky in den 1960-er und 1970-er Jahren weiter. Nomenklaturzeichen verweisen entweder auf Einzelbegriffe oder auf konkrete Gegenstände, Termini verweisen auf Allgemeinbegriffe. (Morgenroth, S. 13). Die Differenzierung zwischen Termini und Nomenklaturzeichen spielte in der sowjetischen Terminologieforschung eine zentrale Rolle.

Die moderne russische Forschung erkannte die Trennung zwischen Lexemen, die ausschließlich benennen, und Lexemen, die ausschließlich bedeuten, als zu eng. So nimmt beispielsweise S. Grinev an, dass Termini einen relativ größeren Anteil an bedeutender Funktion und Nomenklaturzeichen einen relativ größeren Anteil an benennender Funktion aufweisen. (Grinev, 30)

In der westlichen Terminologieforschung etablierte sich eine andere Sichtweise. H. Felber und G. Budin trennen Terminologie und Nomenklatur nach einem anderen Kriterium. Für sie handelt es sich bei Terminologie und Nomenklatur jeweils um „(...) geordnete Mengen von Begriffen eines Fachgebiets mit den ihnen zugeordneten Begriffszeichen (...)“ (Felber/Budin, 119). Als Besonderheit der Nomenklatur betrachten sie den Umstand, dass deren Begriffszeichen ein Benennungssystem bilden.

In der ausführlichen Definition von Jelitte/Schindler handelt es sich bei einem Nomenklaturelement fast immer um einen Internationalismus. (nach Bruns, S. 40 f) „Dies ist durch die Tatsache bedingt, dass Nomenklatureinheiten in starkem Maße auf griechische und lateinische Elemente zurückgreifen sowie hinsichtlich ihrer Bildung und Verwendung internationalem Konsens unterliegen.“ (Bruns,

41) Darüber hinaus sind die Nomenklaturzeichen „(...) definitorisch festlegbar und vom Kontext unabhängig (...)“. (ebenda)

Auch Grinev weist auf ein selbsterklärendes Wortbildungsschema der Nomenklaturzeichen auf, das ihre Definition häufig überflüssig macht. Denn das Nomenklaturzeichen stellt durch seinen auf den übergeordneten Terminus und die technische Spezifikation des bezeichneten Gegenstandes verweisenden Aufbau bereits eine komprimierte Beschreibung des bezeichneten Begriffs dar. (Grinev, 38).

Bei allen Unterschieden haben also die russische und die westliche Terminologieforschung in der Themensetzung und den methodischen Optionen den sprachpflegerischen Ansatz gemeinsam, der auf eine transparente Bildung und selbsterklärende Funktion von Fachwörtern abzielt.

„Nomenklaturelemente weisen einen äußerst starken Fachsprachencharakter mit hohem Formalisierungsgrad auf (...)“. (Bruns, 41) Deshalb werden die wichtigsten Nomenklaturreihen der Lichttechnik im praktischen Teil als zweisprachiger Textkorpus angeführt. Es erschien uns für das Ziel der vorliegenden Arbeit unerlässlich, die deutsche und russische Nomenklatur gegenüber zu stellen. Denn dieses Segment macht einen erheblichen Anteil an den oben definierten Textsorten aus und verlangt bei der Übersetzung eine besondere Präzision.

Professionalismen und Jargonismen werden hingegen im Rahmen dieser Arbeit außer Acht gelassen, weil für die oben definierten Textsorten aufgrund ihrer niedrigen offiziellen Akzeptanz weniger relevant sind. Zumal treten „Professionalismen für gewöhnlich (...) als Doubletten wissenschaftlich-technischer Termini auf.“ (Bruns, 47)

2.3 Terminusbildung im Russischen

Die Benennungen neuer Realien und Technologie finden in den einzelnen Sprachen nicht völlig isoliert statt, unterliegen allerdings den Bildungs- und Verwendungscharakteristika der jeweiligen Sprache.

Die russische Sprache steht noch überwiegend in der Tradition der altkirchenslawischen Literatursprache, die sich zwar kontinuierlich weiterentwickelt hat,

aber keine scharfen Brüche aufweist. In neuerer Zeit kommen verstärkt Tendenzen hinzu, die aus bislang wenig bedeutenden Bereichen und Subsystemen der Sprachen stammen: aus der gesprochenen Sprache, der niederen Umgangssprache und den Dialekten. „Die russische Sprache der Gegenwart befindet sich somit in einem Spannungsverhältnis zwischen Tradition und Moderne (...)“. (Bruns, 125)

Allgemeine Bemerkungen zum aktuellen Stand der russischen Fachlexik (Gabka nach Bruns, 54 f) entsprechen im Großen und Ganzen der Entwicklung anderer nationalen Fachsprachen:

- Tendenz zur Internationalisierung, um die Kommunikation zwischen Fachleuten mit unterschiedlicher Muttersprache zu erleichtern;
- Nominalisierung und Entpersonalisierung;
- Determinologisierung, d. h. Wechseln von Termin aus der Fach- in die Gemeinsprache;
- Der umgekehrte Prozess der Terminologisierung, d. h. Übernahme gemeinsprachlicher Elemente in die Fachlexik ist in geringerem Maße feststellbar.

Nach Auffassung von Fleischmann sind „(...) die für das moderne Russisch so auffälligen Veränderungen im Bereich der Wortbildung in erster Linie bei Substantiven zu beobachten, in zweiter Linie bei Adjektiven und (...) in bedeutend geringerem Umfang (...) auch bei Verben.“ (Fleischmann 2007, 141)

Betrachtet man die höhere Ebene der Abstraktion bei der Wortbildung, sind im Russischen zwei Prinzipien feststellbar, die ebenfalls für die meisten natürlichen Sprachen typisch sind: das Streben nach sprachlicher Präzision und einer Ökonomie des Ausdrucks.

Der russischen Sprache stehen grundsätzlich die gleichen Möglichkeiten für die Erweiterung des Wortschatzes wie der deutschen zur Verfügung: Komposition, Derivation Entlehnung, Lehnübersetzung, Konversion und verschiedene Abkürzungsverfahren. Dazu kommen einige sprachautonome Verfahren, die sich aus der Sprachtypologie ergeben. Die oben genannten Terminusbildungsverfahren stehen im Russischen aufgrund der Sprachspezifik in einer anderen quantitativen Gewichtung als beispielsweise im Deutschen.

Die folgende Darstellung der Benennungsweisen im Russischen und Deutschen basiert auf der viergliedrigen Klassifizierung von Gladrow (nach Bruns, 55):

- die Bildung von analytischen Benennungen (Komposition)
- die Wortbildung als innersprachliches Verfahren (das sich aber sowohl eigener als auch fremder Elemente bedienen kann)
- die semantische Deviation mit der Terminologisierung und Bedeutungsveränderung terminologischer Einheiten
- die Entlehnung als Rückgriff auf fremdes Sprachmaterial.

2.3.1 Analytische Benennungen

2.3.1.1 Bildung mehrgliedriger Syntagmen

Ein augenfälliges Merkmal der russischen Wortbildung ist ihre – im Gegensatz zur deutschen – eingeschränkte Möglichkeit der Kompositionsbildungen.³ Als Wiedergabe fremdsprachlicher Komposita steht daher in erster Linie die Wortfügung mit substantivistischem Kernwort und adjektivistischem Attribut zur Verfügung (Syntagme oder Mehrwortbildung), daneben Fügungen aus Substantiv + Genitivattribut oder auch Univerbierungen. Doch gerade „(...) im Bereich der modernen Technologien mit ihrem enormen Bedarf an neuen Bezeichnungen kommt der Kompositionsbildung im Russischen (...) eine gesteigerte Bedeutung zu (...)“ (Bruns, 127)

Neue Benennungen werden im Russischen am häufigsten als mehrgliedrige Syntagmen gebildet, die bei Bedarf auch Präpositionalkonstruktionen sein können, z. B. *угловая характеристика по уровню 0,5* (Horn-Helf, 317). Häufig anzutreffen sind Syntagmen aus substantivistischem Kernwort und adjektivischer Erweiterung, *обратная вольт-амперная характеристика*. Sie erfüllen in besonderem Maße das Erfordernis der Präzisierung und Spezifizierung.

³ Dazu ausführlich z. B. Horn-Helf 1999 und Bruns 2007.

2.3.1.2 Abbreviationen

Beim Verfahren der lexikalischen Abkürzung steht das Prinzip der Sprachökonomie im Vordergrund. Mit der exponentiellen Zunahme des technischen Know-Hows bedienen sich gerade Fachsprachen der Abkürzungen als produktives Verfahren für Wortbildungen.

Abbreviaturen stellen aus translatorischer Sicht ein nicht zu unterschätzendes Problem dar. Das betrifft nicht nur die russische Sprache. Zu einer regelrechten Explosion der Abbreviaturen war es bereits in sowjetischer Zeit gekommen. Generell gab es die Regel, dass – zumindest in Publikationen für einen breiteren Leserkreis – die jeweiligen Abbreviaturen bei der ersten Erwähnung erschlossen werden, doch halten sich nicht alle Autoren daran. Bei Fachtexten, in denen Abbreviaturen besonders zahlreich sind, wird die Kenntnis der fachlichen Abbreviaturen beim Leser im Allgemeinen vorausgesetzt. Eine Identifizierung durch den Translator ist nur dann möglich, wenn er mit dem Gegenstand und der Fachdiskussion vertraut ist. „Spezielle Schwierigkeiten bei der Erschließung der Abbreviaturen ergeben sich aus der Vielzahl der Bildungstypen sowie aus der häufig zu beobachtenden – auch fachgebietsinternen – Homonymie, aus der gelegentlich auftretenden Synonymie, aber auch aus Besonderheiten ihrer Verwendung.“ (Fleischmann 2007, 266 f)

Das Russische weist eine ganze Bandbreite von Abkürzungsverfahren auf: von den Initialwörtern (z. B. *КПД*) bis hin zu Reduktionskomposita in allen Kategorien (darunter auch mit internationaler Komponente wie *гиперструктура*) und Akronymen (z. B. *полупроводник*). Bei Initialwörtern ist der sprachökonomische Effekt am größten, aber zugleich ist der „(...) Verlust an innerer Motivation im Vergleich zu den strukturierten Kurzwörtern (...)“ am erheblichsten (Bruns, 153).

2.3.1.3 Univerbierung

Unter Univerbierung ist die Bildung von Einwortbenennungen zu verstehen. „Diese Konstrukte dienen (...) nicht der Benennung neuer Denotate, sondern bilden mit bereits existierenden lexikalischen Einheiten (...) Synonymenreihen“ (Bruns, 156), z. B. *радужка* aus *радужная оболочка глаза*.

Die Univerbierungsprozesse sind in der Gegenwart eine sehr häufige Erscheinung bei russischen Substantiven. Sie kommen dem Streben nach Kürze, Explizitheit und maximaler Differenzierung entgegen. Somit stellt die Univerbierung ein äußerst produktives Verfahren der Neologismenbildung dar. Allerdings sind die entstandenen Univerbate nicht immer bedeutungsmäßig eindeutig, da sie des Öfteren von unterschiedlichen Langformen abgeleitet sind.

Bei der kompositionalen Univerbierung werden Komposita gebildet, deren Komponenten deutlich erkennbar sind. Aufgrund ihrer Kürze finden sich diese Univerbierungen häufig in schriftlichen Texten, spezielle in publizistischen und in Fachtexten. Fleischmann unterscheidet folgende Bildungstypen der Univerbate (Fleischmann 2007, 157):

- *Adjektiv-Substantiv-Fügungen*, bei denen das adjektivische Attribut gekürzt ist: *светотехника*
- *Adjektiv-Substantiv-Fügungen*, bei denen Grund- und Bestimmungswort gekürzt sind: *худрук, завхоз*
- *Substantiv-Substantiv-Fügungen*: *инфизкульт*
- *Univerbate* aus den Namen von zentralen Exekutivbehörden: *Минэкономразвития*
- *Univerbate*, bei denen von Einzelsubstantiven bzw. Wortfügungen unterschiedliche Teile erhalten sind: *банкомат, рунет*
- *Univerbierungen* von Adjektiv-Substantiven-Fügungen mittels Nullsuffix (häufig in den Fachtexten anzutreffen): *термояд, ультрафиолет*.

2.3.1.4 Asyndeta

Asyndeta entstehen aus „(...) der Kombination von lexikalischen Einheiten ohne formale Bindemittel.“ (Bruns, 167) Trotz der oben erwähnten vergleichsweise geringen Kombinationsfähigkeit des Russischen sind solche Komposita in allen Gebrauchsbereichen und insbesondere in der Fachsprache erstaunlich zahlreich vertreten. Nach formalen Kriterien unterscheidet man zwischen Bindstrich-Komposita und Binomina. Bei Bindestrich-Komposita ist nur ein Bestandteil flek-

tierbar (z. B. *презенс-детектор*), bei Binomina alle Bestandteile (z. B. *физик-ядерщик*).

„Es scheint, als bilde das Russische in verstärktem Maße Komposita nicht aus eigenem Antrieb, sondern durch externe Vorbilder“ (Bruns, 127), vor allem des Englischen. Der englische Einfluss zeigt sich beispielsweise in substantivischen Zusammensetzungen, in denen der für russische Komposita obligatorische Bindevokal in der Kompositionsfuge fehlt. „Darüber hinaus kündigt sich auch die vollends dem Englischen verpflichtete und bislang im Russischen gänzlich unübliche Tendenz zur Getrennschreibung der unmittelbaren Konstituenten eines Kompositums als eine neue Entwicklung an“ (ebenda), z. B. *р-п переход*.

2.3.1.5 Ellipse

Zu guter Letzt sei eine weitere in der russischen Fachsprache recht produktive Abkürzungsform zu erwähnen – die Ellipse. Darunter versteht man ein Wortbildungsverfahren, bei dem ein oder mehrere Konstituenten eines Kompositums oder eine mehrgliedrigen Syntagma getilgt werden. Bei der elliptischen Wortbildung sind Substantivierung (*сумочные*) oder Tilgung mindestens eines Spezifikators, insbesondere bei bekanntem Kontext zur Textfortsetzung (*роговая оболочка (глаза)*), möglich. (Horn-Helf, 314)

2.3.2 Wortbildung als innersprachliches Verfahren

2.3.2.1 Suffigierung

Die Suffigierung als Mittel der Derivation ist eines der aktivsten Wortbildungsverfahren der russischen Sprache. In der Funktion von Suffixen treten in der russischen Sprache der Gegenwart sehr unterschiedliche Formative auf, die teils neueren Datums oder in ihrem Status sogar noch umstritten sind (Beispiel *-и́на*), teils aber auch als allgemeinslawische Größen seit Alters her im Russischen Wortbildungsaktivitäten aufweisen.

Für die russische Fachsprache sind folgende Suffixe typisch:

- *-ация, -изация, -ификация, -ование, -евание, -ние* - vorrangig in prozessualer Bedeutung (*инъекция, конституирование*)

- -ка - sekundär instrumentale Bedeutung, nomina instrumenti (биновка)
- Nullsuffix mit resultativer Bedeutung für Merkmalabstrakta (выход, расход)
- -ость für Merkmalabstrakta (светимость)
- -ность für Messgrößenbezeichnungen (oft phraseologische Quantitative, z. B. освещенность) (nach Horn-Helf, 312 f)

2.3.2.2 Präfigierung

Die Präfigierung zeigt sich in der Existenz zahlreicher internationaler Präfixe, z. B. пре-, пост-, де-, мета-, моно-.

2.3.2.3 Affixoidierung

Als eigenständiges Verfahren der Wortbildung lässt sich auch die Verwandlung der Wortstämme bei Substantiven und Adjektiven in die Affixe bezeichnen, z. B. -вод, -вед, -сверх, -равно.

2.3.3 Semantische Deviation

2.3.3.1 Intra- und interlingualer Lexemwechsel (Doublettenbildung)

Doublettenbildung kann als Sonderfall der Synonymie angesehen werden. Dabei werden nämlich bereits bestehende Denotate semantisch anders realisiert. Auch wenn Synonyme in Fachsprachen aus Gründen der sachlichen Präzision und Eindeutigkeit unerwünscht sind (Hohnhold, 39 f), haben sie darin sehr wohl ihren Platz. Insbesondere die Übernahme fremdsprachlicher Einheiten führt zur Bildung neuer Benennungen zusätzlich zu bereits in der Nehmersprache existierenden. „Bei den englischen Ausgangswörtern und entsprechend bei den russischen Lehnwörtern handelt es sich um Einwortbenennungen mit maximal zwei Silben, bei den russischen eigensprachlichen Bildungen dagegen i. d. R. um Mehrwortbenennungen oder lange, mehrsilbige Einwortbenennungen, z. B. даунлайт (даунлайтер) vs. светильник глубокого светораспределения (глубокоизлучатель). (Wörterbuch Lichttechnik, 78) Einschränkung ist hinzuzu-

fügen, dass die parallele Existenz von Doubletten oft nur eine Übergangsperiode – vor allem in Fachsprachen – kennzeichnet, bis sich schließlich in der Regel die ökonomischere Variante als Alleinvertreter durchsetzt. Das lässt sich auch für die lichttechnische Fachsprache beobachten.⁴

2.3.3.2 *Metaphorisierung*

Bei Metaphorisierung entstehen neue Wortschöpfungen durch Übertragung bzw. bildliche Verwendung einer ursprünglichen Benennung für ein neues Denotat. Typische Motivationen für die Schaffung metaphorischer Wortschatzeinheiten sind Ähnlichkeiten in Form und/oder Funktion. Oft sind es allgemeinsprachliche Bezeichnungen, die durch Bedeutungsübertragung Eingang in eine Fachsprache finden und Terminuscharakter erhalten, z. B. *колбочка*, *переход*.

2.3.4 Entlehnung

„Die Zahl direkter Wortschatzentlehnungen und Lehnübersetzungen im speziellen Fachwortschatz ist größer als in anderen Bereichen des Lexikons.“ (Bruns, 147)

Das Russische „(...) ist in wesentlich stärkerem Maße als Nehmer- denn als Gebersprache anzusehen.“ (Bruns, 63) Seit der Entstehung der russischen wissenschaftlichen Sprache im 18. Jahrhundert bis Mitte/Ende des 19. Jahrhunderts waren Deutsch und Französisch die wichtigsten Entlehnquellen.

Seit dem 20. Jahrhundert dominiert das Anglo-Amerikanische, das nach wie vor die Vorreiterrolle in der Technologie- und Wissenstransfer besitzt. Die Sprache der modernen Wissenschaft, insbesondere der Grundlagenforschung, ist das Englische, das heute wie selbstverständlich auch für Benennung neuer Begriffe Verwendung findet. Die Vormachtstellung des Englischen manifestiert sich je nach Fachbereich individuell: in der lichttechnischen Fachlexik weit weniger als z.

⁴ Interessante Überlegungen über den Zustand der russischen Terminologie der Lichttechnik siehe hier: Fomin, A., «Блэклайты» против «ламп черного цвета» („Blacklights“ vs. „Schwarzlicht“), <http://subscribe.ru/archive/tech.electrotech/200611/13080542.html#2> (12.05.2009)

B. in der Internet-Terminologie. Bedingt wird das unter anderem dadurch, dass die russische Lichtforschung und -technik auf eigene Technologie zurückgreifen kann, während die Internet-Technologie in den USA selbst entwickelt wurde.

Die Anzahl den Neuentlehnungen blieb über die gesamte Sowjetzeit gering, was mit der politischen Abschottung der UdSSR zu tun hatte. Nach der Perestrojka „(...) nehmen die Entlehnungen aus dem anglo-amerikanischen Sprachbereich quantitativ unangefochten die erste Stelle ein, hochfrequent sind hier vor allem Begriffe aus Wirtschaft und Handel.“ (Bruns, 100). Die Übernahme von Anglizismen verstärkte zeigte sich nach 1985 teils unmittelbar (in ad-hoc-Bildungen), teils erst mit einer gewissen zeitlichen Verschiebung.

Eine wichtige Ursache für den massiven Gebrauch englischer Formen und den Rückgriff auf Bildungsmuster der englischen Sprache ist psychologisch-soziologischer Natur. Die englische Sprache steht für die westliche Wirtschaft mit einer besseren Qualität der Waren und überhaupt mit dem höheren wirtschaftlichen Status. „Der englischen Sprache kommt – im Bewusstsein russischer Sprachteilhaber – ein höheres Prestige als der russischen zu (...)“ (Bruns, 200 f)

Die Dominanz englischer Wörter in verschiedenen Bereichen der russischen genauso wie der deutschen Kultur ist heute unbestreitbar. Differenzieren lässt sich nach Sachbereichen, gesellschaftlichen Gruppen und Sprachschichten. Fachleute, die an vorderster Front der technischen Entwicklung stehen, verwenden in wesentlich größerem Umfang Anglizismen als der durchschnittliche Sprachbenutzer.

Die lexikalische Übernahme aus dem Englischen ins Russische erfolgt als phonetische Entlehnung, graphische Entlehnung oder eine Mischform aus den beiden erstgenannten. „Bei der phonetischen Entlehnung orientiert sich die Realisierung im Russischen an der englischen Lautstruktur des entlehnten Wortes; es handelt sich somit um eine lautgetreue Wiedergabe, nicht um eine buchstabengetreue, die der graphischen Entlehnung entspräche.“ (Bruns, 101) Die stark differierenden Lautsysteme des Englischen und Russischen verhindern bisweilen eine hundertprozentige Entsprechung von Lauten und Lautkombinationen in beiden Sprachen. (Bruns, 102)

Entlehnung stellt eine Alternative zur Bildung eines expliziten mehrgliedrigen Zielsprachen-Syntagmas oder – im Deutschen – mehrgliedrigen Komposita dar, was bei der Erstbenennung eines neuen Begriffs durchaus gängig ist (Horn-Helf 1999, 120 f).

Es folgen einige Anmerkungen zur Spezifik der Entlehnungen aus dem Deutschen ins Russische. Die Entlehnung in der umgekehrten Richtung ist gerade in den Fachsprachen ausgesprochen selten und wird daher nicht betrachtet.

2.3.4.1 Lehnübersetzung der Terminusconstituenten

„Im Sprachenpaar D/E können Termini durchaus im Verhältnis der sog. ‚Wort-für-Wort-Übersetzung‘ stehen (...)“, weil die Strukturierung von Komposita in beiden Sprachen ähnlich ist. Im Sprachenpaar D/R hingegen findet die sog. Permutation mit Umstellung der Konstituenten statt, weil russische Komposita bzw. Binomina oder auch Syntagmen anders strukturiert sind. „Während in D/E der Spezifikator dem Spezifizierten vorangeht, wird im Russischen das Spezifizierte zuerst genannt, und die Attribute folgen. (...) Werden im Russischen dagegen adjektivische Spezifikatoren verwendet, so gehen diese dem Spezifizierten voraus.“ (Horn-Helf 1999, 122)

2.3.4.2 Expansion oder Reduktion der Konstituenten

Die Übernahme eines Terminus aus dem Deutschen ins Russische kann mit der Veränderung der Anzahl der Bestandteile des Kompositums begleitet werden. Die Erhöhung oder Verringerung hängt in der Regel vom angestrebten Explikationsgrad ab. „Grundsätzlich liegt die Anwendung dieser Verfahren in der Verantwortung der Fachleute, die Benennungen für neue Begriffe in ihrem Fach zunächst als explizite Termini bilden. (...) Mit zunehmendem Bekanntheitsgrad des Begriffs findet eine Terminus Kondensation statt (...)“ (Horn-Helf 1999, 123)

2.4 Terminusbildung im Deutschen

DIN 2330 nennt folgende Terminusbildungsverfahren für das Deutsche: Ableitung (Derivation), Komposition und Bildung einer Wortgruppe (eines Syntagmas). Da Termini nach den (zumeist unerfüllbaren) Forderungen der Terminolo-

gielehre präzise und kurz zu sein haben, halten die Autoren eine parallel Verwendung von präzisen Termini und ihren Kurzformen für sinnvoll.

Bildung mehrgliedriger Syntagmen / Komposita – in der Fachsprache für Bezeichnung von Ausrüstungen, Stoffen, Vorgängen und Abstrakta (*Lichtmanagementsystem, Galliumarsenid, Halbleiter-Injektion, Spektralfarbe*)

Aufgrund einer überragenden Produktivität der Komposition im Deutschen entstehen neue Benennungen häufig als mehrgliedrige Komposita. Mehrgliedrige Syntagmen sind daher wesentlich seltener als im Russischen. „Deutsche Komposita sind in der Regel mehrdeutig, weil das Verhältnis zwischen den Konstituenten kaum Beschränkung unterliegt“. (Horn-Helf 1999, 322)

Abbreviation: Initialwörter (z. B. *LED*), Reduktionskomposita in allen Kategorien (mit der internationalen Komponente, z. B. *Elektro-*)

Ellipse: Tilgung zumindest eines Spezifikators (bei bekanntem Kontext zur Textfortsetzung), z. B. *Elektronendotierung* → *Dotierung*

Suffigierung: vorrangig in prozessualer Bedeutung (-en), sekundär instrumental, resultativ und abstrakt (Nullsuffix, -ung, -ion), nomina instrumenti (-er/-or), Merkmalabstrakta und Messgrößenbezeichnungen (-ität, -barkeit)

Metaphorisierung, z. B. *Tageslichtmesskopf*

Lexemwechsel (Doublettenbildung): interlingual (v. a. Anglizismen), intralingual (adjektivische Komposition mit Lexemwechsel: *Stahl mit hohem Chromgehalt* → *hochchromhaltiger Stahl*)

Abgesehen von Fremdwörtern werden in der deutschen Fachsprache zahlreiche Lehnübersetzungen englischer Termini verwendet, die in vielen Fällen als Doubletten deutscher Termini anzusehen sind, z. B. *Oxygen* / *Sauerstoff*

2.5 Terminologische Normung und Sprachnormung

In Deutschland beschäftigt sich der Normenausschuss für Terminologie (NAT) mit Fragen der Terminologearbeit, Übersetzungspraxis und Lexikographie und kooperiert auf internationaler Ebene mit vergleichbaren Einrichtungen anderer Länder. Im Bereich Beleuchtung widmet sich dieser Aufgabe vor allem die 1913 gegründete Internationale Beleuchtungskommission (CIE) mit dem Sitz in Wien.

Das wichtigste terminologische Werk dieser Organisation ist das Internationale Wörterbuch der Lichttechnik, das erstmals im Jahre 1938 erschien. Auch große internationale Beleuchtungsunternehmen wie Philips, Osram oder Siteco erkannten in den 1980-er Jahren die Wichtigkeit der übersetzungsorientierten Terminologearbeit.

In der UdSSR oblag die Konstituierung der Fachterminologie allen voran dem Ausschuss für die wissenschaftlich-technische Terminologie (KNTT) der sowjetischen Akademie der Wissenschaften, der regulierend und präskriptiv in die Entwicklung der russischen Sprache eingriff. (Bruns, ebenda). Zwischen 1933 und 1990 veröffentlichte KNTT 110 terminologische Handbücher auf verschiedenen Fachgebieten, darunter auch zur Lichttechnik (1959 unter der Redaktion von A. N. Terpigorev). Die Erstellung eines umfassenden lichttechnischen Lexikons blieb jedoch aus. Eine Ausnahme bildet die russische Erweiterung des Internationalen Wörterbuchs der Lichttechnik aus dem Jahr 1963. Der russische Part beschränkt sich jedoch, genauso wie das oben erwähnte Handbuch zur Terminologie der Lichttechnik, auf physikalische und technische Grundbegriffe. Außerdem bilden zwei wichtigste Standardwerke zur lichttechnischen Terminologie den Stand der Wissenschaft und folglich auch der Fachsprache vor 40 Jahren ab.

Mit der politischen und gesellschaftlichen Liberalisierung ab 1989 fiel der KNNT als normende Institution ersatzlos weg, „(...) was einem ungehemmten Zustrom fremder Ideen und Wörter freien Lauf ließ.“ (Bruns, 187) Seit 1993 unter dem Namen „Ausschuss für die wissenschaftliche Terminologie der Grundlagenforschung“ an der Russischen Akademie der Wissenschaften tätig, plante der KNNT zwar Herausgabe der geplanten normativen Reihe zur technischen Terminologie, war aber nicht imstande, diese auch wirklich zu realisieren. „Die Perestrojka hat vollends die Schleusen für eine Überflutung des Russischen mit fremden Elementen geöffnet. (...) Die laxen Haltung des Staates gegenüber fremden Einflüssen ist für Russland bis in die Gegenwart charakteristisch. Eine Änderung ist für die nähere Zukunft ebenfalls nicht abzusehen.“ (Bruns, 189)

Allgemeine staatliche Standards (GOST) sowie bautechnische (SNiP) und hygienische Normen und Standards (SaNiP) sind zwar für gewissenhafte und pro-

fessionelle technische Übersetzungen nach wie vor unerlässlich, decken aber nicht alle Bereiche der lichttechnischen Terminologie ab. Außerdem werden die genormten Termini, wie bereits oben erwähnt, nicht so oft auch wirklich verwendet wie man glaubt.

Mangels staatlicher Steuerung übernahm die lichttechnische und kommerzielle Praxis die Oberhand bei der Einkleidung neuer Sachverhalte in Sprache. Folgende Tendenzen sind bei der Herausbildung der neuen russischen Beleuchtungsterminologie beobachtbar (Fomin 2009):

- Lexemwechsel, z. B. *электроэкономичная* oder *энергосберегающая лампа* (Sparlampe) für sparsamere Leuchtstofflampen mit integrierten Vorschaltgeräten statt wie ursprünglich für T8-Leuchtstofflampen
- Ersatz mehrgliedriger Syntagmen durch Univerbate
- zahlreiche Entlehnungen, meist aus dem Englischen, oft als Doubletten, z. B. *балласт* (vom englischen *ballast*, *Vorschaltgerät*) statt *пускорегулирующая аппаратура* (ПРА).

Die genannten Veränderungen dienen in erster Linie der Ökonomisierung und Modernisierung der (lichttechnischen) Fachsprache. Der herkömmliche Kampf um die Reinheit der russischen Fachsprache um jeden Preis wurde aufgegeben. Dafür wurde die Fachterminologie um viele neue und präzisere Begriffe bereichert, die aus der Sprache übernommen worden waren, wo sie erstmals entstanden sind.

„Ausdrucksökonomie kann durch verschiedene Abkürzungsverfahren und das Mittel der Univerbierung erreicht werden: Bestehende lexikalische Einheiten werden gekürzt, wodurch sie noch ein und denselben Sachverhalt bezeichnen, lexikalisch aber selbständig werden können.“ (Bruns, 64) Ebenfalls als Ausdruck der Ökonomisierung der Kommunikation ist der partielle Wechsel von Syntagmen zu Bindestrichkompositionen (*презент детектор*, *СОВ монтаж*) anzusehen.

Als Kehrseite dieser Entwicklung war die sinn- und wahllose Übernahme von Fremdwörtern, obwohl es adäquate russische Fachausdrücke gibt. Schlussendlich wurde vor allem in der Marketingsprache mit dem Gebrauch nicht rus-

sisch, am besten englisch klingender Begriffe, z. B. „*фибероптика*“ (Fiberoptik) statt „*световолокно*“, schlicht und einfach der Eindruck der Seriosität gegenüber dem Kunden erzeugt. Besonders stark zeigt sich diese Negativtendenz im Bereich der Bühnenbeleuchtung und des Lichtmanagements, die in Russland weit hinter dem internationalen Niveau liegen und in denen auch in den anderen Sprachen das Englische dominiert. Angesichts der Schwierigkeit, die russische lichttechnische Terminologie an den technologischen Wandel anzupassen, werden korrekte, aber komplizierte russische Abkürzungen in manchen Fällen einfach durch englische ersetzt.

Noch folgenschwerer für Produktbeschreibungen und das Verständnis der Fachtexte waren und bleiben falsche Übersetzungen von Fremdwörtern, die nicht nur in die firmeneigenen Produktunterlagen, sondern inzwischen auch in die allgemeine lichttechnische Literatur für Berufseinsteiger den Eintritt finden, z. B. *металлогалидные лампы* statt *металлогалогенные лампы* (obwohl das zwei verschiedene chemische Verbindungen sind), durch unreflektierte Übernahme des englischen Terminus *metalhalid*.

Diese Tendenzen erzeugen eine unregelmäßige und nicht normierte terminologische Landschaft, die den Endbenutzer verwirrt und die fachliche Kommunikation beeinträchtigt. Andererseits sind sie ein Zeichen dafür, dass die Fachsprache der Lichttechnik in Russland sich im Wandel befindet, genauso wie die Beleuchtungsbranche selbst. Gerade in solchen Umbruchszeiten erscheint eine systematische und professionelle terminologische Arbeit besonders wichtig. Ihre zentrale Aufgabe besteht in der Entwicklung und Kodifizierung neuer Fachbegriffe, die mit den Regeln der russischen Sprache konform sind und die Bedürfnisse der Fachkommunikation erfüllen.

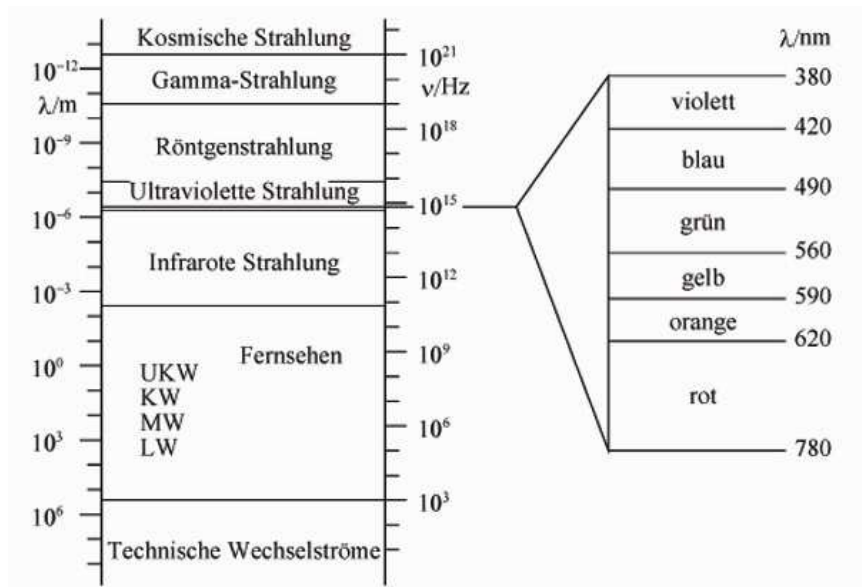
3 Grundbegriffe und Grundgrößen

3.1 Licht und Strahlung

Die Lichttechnik befasst sich sowohl mit dem sichtbaren Bereich des Spektrums als auch mit der IR- und UV-Strahlung. Diese lösen zwar keine unmittelbare Hellenempfindung aus, können jedoch sehr wohl biologische Wirkung, z. B. Bräunung der Haut oder ein Wärmegefühl, hervorrufen. Das Fachgebiet der Lichttechnik und Beleuchtung geht über den physikalischen Bereich hinaus, weil Licht im Wesentlichen als „Empfindung zusammenhängender Erscheinungen“ (Hentschel, 2) nicht nur objektiv-physikalischer sondern auch subjektiver Natur ist. Ein weiterer Gegenstand der Lichttechnik ist quantitative Erfassung dieser Erscheinungen.

„Mit ‚Licht‘ wird im allgemeinen Sprachgebrauch derjenige Teil der elektromagnetischen Strahlung bezeichnet, für den das menschliche Auge empfindlich ist. Dies ist jedoch nur ein sehr kleiner Teil des gesamten elektromagnetischen Spektrums.“ (Handbuch der Beleuchtung, I – 1, 1)

Abbildung 1: Gesamtspektrum der elektromagnetischen Strahlung



Quelle: Nach Handbuch für Beleuchtung, I – 1, 2

Die elektromagnetische Strahlung, und damit auch das Licht, ist ein transversaler periodischer Schwingungsvorgang. Bei Wechselwirkung des Lichts mit

stofflicher Materie unter Energieaustausch (Absorption, Emission) zeigt das Licht den Teilchencharakter (Lichtquanten, Photonen). Für die Ausbreitung des Lichts hingegen gelten die Gesetze der Wellentheorie. (Baer, 15)

Die Strahlung breitet sich in einem homogenen Medium geradlinig aus und wird in der Grenzfläche zweier Medien mit unterschiedlichen Brechzahlen gebrochen. „Da das Licht eine Transversalwelle darstellt, ist es möglich, aus dem zunächst alle Schwingungsrichtungen enthaltenden Licht eine Strahlungsquelle mit entsprechenden Geräten bestimmte Schwingungsebenen auszufiltern, d. h. zu polarisieren.“ (Müller, 2 f) Aufgrund der Wellennatur des Lichtes können sich zwei Wellenzüge gegenseitig beeinflussen (Interferenz), z. B. auslöschen oder verstärken, oder das Licht wird an Kanten oder Spalten gebeugt.

Für den praktischen Gebrauch in der Licht- und Strahlungstechnik werden die in der Tabelle 1 angeführten Bezeichnungen verwendet.

Tabelle 1: Wellenbereiche der optischen Strahlung

Bezeichnung	Wellenlängenbereich	Anwendungsbeispiele
UV-C	100 nm – 280 nm	Vakuum-UV, Bakterientötung, Ozonbildung
UV-B	280 nm – 315 nm	Erythem, u. a. biologische Wirkungen, industrielle Anwendungen
UV-A	315 nm – 400 nm	Hautbräunung
Licht	380 nm – 780 nm	Lichttechnik, Beleuchtung
IR-A	780 nm - μm	Wärmestrahlung, Therapie, industrielle Trocknung
IR-B	1,4 μm – 3 μm	Sonne, thermische Strahler
IR-C	3 μm – 1 mm	

Quelle: Müller, 2

In der Regel enthält das Licht verschiedene Wellenlängen, die meist in nm gemessen werden. Betrachtet man die Wechselwirkung von Strahlung mit stofflicher Materie, so stellt man fest, dass die einzelnen Spektralbereiche unterschiedliche starke Wirkungen hervorrufen, wie etwa die Hellempfindung des Auges, die Bräunung der Haut, die Erwärmung der Oberflächen oder die Auslösung photo-

physikalischer und photochemischer Reaktionen, z. B. Schwärzung von Fotomaterial.

3.2 Licht und Sehen

3.2.1 Aufbau des Auges

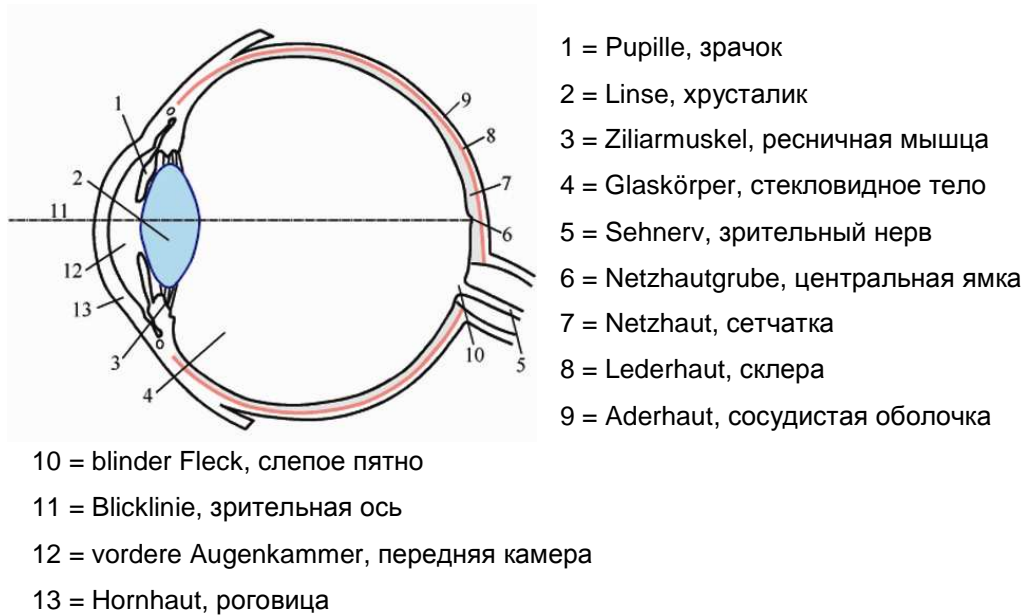
Das Auge ist das wichtigste Sinnesorgan des Menschen. 80% aller Sinnesindrücke nimmt er über seine Augen wahr. (Handbuch für Beleuchtung, I – 2, 1)

„Das optische System des Auges besteht aus der Hornhaut, Linse und Netzhaut. Durch die Linse einfallende Lichtstrahlen werden als umgekehrtes und verkleinertes Bild auf der Netzhaut abgebildet.“ (Hentschel, 7) Die Netzhaut ist der weitaus wichtigste Teil des Auges. Sie enthält verschiedene Schichten komplexer lichtempfindlicher Photorezeptoren, die auftreffende Lichtstrahlen durch chemische Prozesse in elektrische Signale umwandeln. Die Signale werden über den Sehnerv an das Gehirn weitergeleitet, wo im Sehzentrum des visuellen Kortex die Nervensignale in Bilder umgesetzt werden.

Bei den Lichtempfängern unterscheidet man zwischen Zapfen und Stäbchen. Die Zapfen dienen dem Sehen bei höheren Leuchtdichten, wie z. B. am Tage oder bei guter künstlicher Beleuchtung. Die Stäbchen ermöglichen wegen ihrer größeren Lichtempfindlichkeit das Sehen in der Dämmerung oder bei Nacht. Die Netzhaut überdeckt die ganze Innenfläche des Augapfels mit Ausnahme des Hornhautbereiches. Deshalb können auch sehr weit seitlich liegende Lichtreize noch gut wahrgenommen werden.

Im Zentrum der Netzhaut befindet sich die Netzhautgrube. Sie enthält fast ausschließlich Zapfen und ist die Stelle des schärfsten Sehens, weil hier jeder der rund 10.000 Zapfen an eine Sehnervfaser angeschlossen ist. Zur Peripherie der Netzhaut hin nimmt die Zahl der Zapfen pro Flächeneinheit stark ab, während die Zahl der Stäbchen immer mehr ansteigt.

Abbildung 2: Aufbau des Auges



Quelle: Schenke, 23

An der Austrittsstelle des Sehnervs enthält die Netzhaut weder Zapfen noch Stäbchen. Diese Stelle wird deshalb auch „Blinder Fleck“ genannt. Obwohl an dieser Stelle keine Lichtreize empfangen werden können, wird der blinde Fleck auch bei einäugigem Sehen meist nicht wahrgenommen. Die dort fehlende Information wird nämlich im Gehirn unbewusst so ergänzt, wie sie aufgrund der Wahrnehmung im angrenzenden Bereich zu erwarten ist.

3.2.2 Eigenschaften und Funktionen des Auges

Das Gesichtsfeld ist der Sehbereich, der ohne Bewegung der Augen erfasst werden kann. Er hat einen Winkel von ca. 170° horizontal und 110° vertikal. Das Blickfeld ist der Sehbereich, der mit Bewegung der Augen erfasst werden kann und hat einen Winkel von ca. 290° horizontal und 190° vertikal.

Wegen der ungleichmäßigen Aufteilung der Zapfen und Stäbchen können nur kleine Bereiche im Blickfeld scharf wahrgenommen werden, wobei der Bereich des Normalsehens ca. 30° beträgt. Nur mit einem Seh winkel von 10° können Objekte mit einem Blick erfasst werden. Außerhalb des Normalsehbereichs werden

keine Farben oder Details, dafür aber Bewegungen wahrgenommen. Ebenso ermöglicht dieser große Bereich das Sehen bei geringen Leuchtdichten.

3.2.2.1 Hellempfindlichkeit und Unterschiedsempfindlichkeit

Die erste elementare Sehfunktion ist die Hellempfindlichkeit, d. h. die Fähigkeit des Auges, Leuchtdichten wahrzunehmen. Sie ist bei Stäbchen wesentlich höher als Zapfen. Der Maximalwert liegt deshalb nicht im Zentrum der Blickrichtung, sondern in einer Ringzone im Abstand von etwa 10° bis 20° von der Augenachse. Hier kann unter optimalen Bedingungen noch ein Lichtreiz wahrgenommen werden dessen Leuchtdichte nur etwa 10^{-6} cdm^{-2} beträgt. (Baer 53, Handbuch der Beleuchtung, 1 – 2, 2)

Die Hellempfindlichkeit ist von der Wellenlänge abhängig. Für das helladaptierte Auge liegt das Maximum bei einer Wellenlänge von 555 nm. Mit zunehmender Dunkeladaptation verschiebt es sich nach kürzerer Wellenlänge bis 507 nm. (Müller, 51)

Wesentlich größere praktische Bedeutung als die absolute Hellempfindlichkeit hat die Unterschiedsempfindlichkeit. Sie ist „(...) ein Maß für die Fähigkeit, Leuchtdichteunterschiede zwischen benachbarten, leuchtenden Flächen, also Kontraste, wahrzunehmen.“ (Handbuch für Beleuchtung, 1 – 2, 3) Diese Fähigkeit ist auch abhängig vom Netzhautort und vom Adaptationszustand.

3.2.2.2 Sehschärfe

Die wichtigste Sehfunktion ist die Sehschärfe. Sie beschreibt die „(...) Fähigkeit des Auges, zwei eng benachbarte Linien getrennt wahrzunehmen.“ (Handbuch für Beleuchtung, 1 – 2, 3) Der Maximalwert der Sehschärfe liegt in der Fovea, d. h. in der Blickrichtung. Bei seitlich der Blickrichtung liegenden Sehobjekten fällt sie steil ab. Schon bei einem seitlichen Abstand von nur 10° wird nur noch etwa ein Viertel des fovealen Maximalwertes erreicht.

3.2.2.3 Adaptation

Mit Hilfe der Adaptation ist es dem Menschen möglich, in extremen Beleuchtungssituationen (zwischen 100.000 Lux und 0,01 Lux) ohne Probleme zu

sehen. Diese Fähigkeit beeinflusst sämtliche Sehfunktionen. Der zeitliche Verlauf hängt im Wesentlichen von der Leuchtdichte am Anfang und am Ende der Adaptation und vom Netzhautort ab. Die Hell-Dunkel-Anpassung erfolgt in 0,1 s. Volle Zäpfchenadaptation wird nach einigen Minuten erreicht, volle Stäbchenadaptation erst nach einer Stunde. Ändern sich die Leuchtdichten im Gesichtsfeld von hell nach dunkel, spricht man von Dunkeladaptation, im umgekehrten Fall von Helladaptation. (Müller, 52 f)

3.2.2.4 Akkommodation

„Die Fähigkeit des Auges, verschieden weit entfernte Gegenstände scharf auf der Netzhaut abzubilden, heißt Akkommodation.“ (Handbuch für Beleuchtung, I – 2, 4) Dabei verändert die Linse ihre Dicke und damit die Brechkraft. Beim Fixieren eines Sehobjektes läuft die Akkommodation im Allgemeinen unwillkürlich ab. Beim Übergang vom Fern- zum Nahpunkt oder umgekehrt beträgt sie etwa 0,7 ms. In der Praxis muss aber auch schon bei kleinen Entfernungsveränderungen mit Akkommodationszeiten von 0,3 ms und mehr gerechnet werden. (Baer 52, Hentschel, 9)

3.2.2.5 Aberration

„Das optische System des Auges ist nicht sehr exakt ausgebildet. Die paraxial einfallenden Strahlen werden deshalb nicht in der gleichen Ebene fokussiert wie das zentral einfallende Licht.“ (Handbuch für Beleuchtung, I – 2, 6) Die dadurch bedingte Unschärfe des Netzhautbildes heißt sphärische Aberration. Sie beeinflusst Sehschärfe und Schärfentiefe und ist bei ganz geöffneter Pupille am größten. Da auch bei sehr kleinen Pupillenweiten die Netzhaut infolge von Beugungsunterscheidungen verschlechtert wird, gibt es eine optimale Pupillenweite, die 3 bis 4 mm beträgt.

3.2.2.6 Helligkeit

Die wahrgenommene Helligkeit eines Gegenstandes wird zwar vorwiegend durch dessen Leuchtdichte bestimmt. Trotzdem kann aber die Empfindung dieser photometrischen Größe nicht gleichgesetzt werden. Flächen gleicher Leuchtdichte

können nämlich ungleich hell erscheinen. Sie können aber auch, trotz unterschiedlicher Leuchtdichte, gleich hell wirken. Man unterscheidet deshalb zwischen „Leuchtdichte“ als physikalisch messbarer Größe und „Helligkeit“ als subjektiver Empfindung. (Handbuch für Beleuchtung, I – 2, 3)

3.2.2.7 *Blendung*

„Physiologische Blendung ist eine messbare Beeinträchtigung der Sehfunktionen. Sie entsteht aufgrund des Streulichts, das eine unabgeschirmte Lichtquelle im Augeninneren erzeugt.“ (Handbuch für Beleuchtung, I – 2, 10) Die physiologische Blendung beginnt, wenn die Schleierleuchtdichte 1% bis 2% der Leuchtdichte derjenigen Teile des Gesichtsfeldes erreicht, die für die Information wichtig sind. Unterhalb dieses Wertes ist keine messbare Beeinträchtigung feststellbar. Trotzdem werden häufig auch dann noch Blendlichtquellen als störend empfunden. Diese Erscheinung nennt sich psychologische Blendung oder Unbehaglichkeitsblendung. Ihre Bewertung basiert auf den subjektiven Urteilen einer größeren Anzahl von Beobachtern. Speziell in der Innenraumbeleuchtung ist sie im Allgemeinen viel häufiger anzutreffen als die physiologische Blendung. (Hentschel, 47)

3.2.2.8 *Schattigkeit*

Schatten tragen wesentlich dazu bei, räumliche Strukturen zu erkennen und das Tiefensehen zu erleichtern. Zu tiefe Schatten bei zu stark gerichtetem Licht schränken jedoch die Informationsbreite erheblich ein und beeinträchtigen wegen der hohen Leuchtdichteunterschiede die Sehfunktionen. Zudem ist es möglich, dass wesentliche Bereiche des Gesichtsfeldes kein Licht erhalten. In der Praxis ist es deshalb stets eine zweckmäßige Mischung von diffusen und gerichteten Beleuchtungsanteilen anzustreben, wobei das Verhältnis von der jeweiligen Seh- und Arbeitsaufgabe abhängt. (Handbuch für Beleuchtung, I – 2, 12)

3.2.2.9 *Zwielicht*

Zwielicht entsteht, wenn die Beleuchtung durch zwei oder mehrere örtlich getrennte Lichtquellen verschiedener Lichtfarbe erfolgt. Dies führt dazu, dass be-

leuchtete Fläche je nach ihrer räumlichen Orientierung unterschiedliche Farbwiedergabe zeigen und räumliche Objekte verschiedenfarbige Schatten erzeugen.

Bei lichtsensiblen Personen und Menschen mit beginnender Alterssichtigkeit und falscher Brillenkorrektur treten bei Zwiellicht öfters Beschwerden wie Ermüdung, Augenbrennen und Kopfschmerzen auf. Diese Symptome sind teils physisch und teils psychophysisch bedingt. (Handbuch für Beleuchtung, I – 2, 12)

3.2.2.10 *Lichtflimmern, stroboskopischer Effekt*

Normalerweise wird das Flimmern der Gasentladungslampen, die mit dem Wechselstrom betrieben werden, nicht wahrgenommen. Schnell bewegte Gegenstände, z. B. rotierend Maschinenteile, erscheinen jedoch aufgefächert und ihre Bewegung zerhackt. Rotierende Objekte scheinen sich langsam zu drehen, stillzustehen oder sich rückwärts zu bewegen. Diese Erscheinung heißt „stroboskopischer Effekt“. (Handbuch für Beleuchtung, I – 2, 12)

3.3 Licht und Farbe

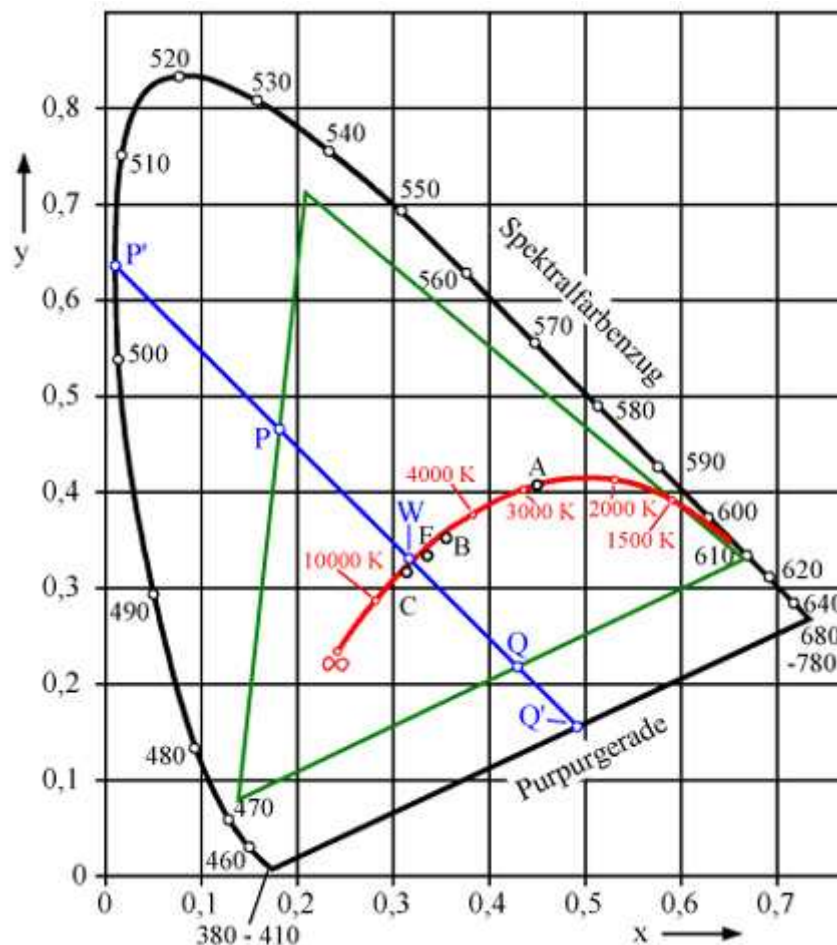
3.3.1 Grundbegriffe der Farbmeterik

Die Farbmeterik ist die Lehre von den Maßbeziehungen zwischen den Farben. Sie beschreibt, unter welchen Umständen zwei Farbreize für das Auge gleich aussehen. „Die Farbe wird ausschließlich als Farbempfindung, also als Sinnesempfindung, aufgefasst.“ (Hentschel, 117) Dabei wird zwischen Farbvalenzmeterik (niedere Farbmeterik) und Farbempfindungsmeterik (hohe Farbmeterik) unterschieden. (Müller, 63)

Im Bereich des hell adaptierten Auges ist damit nur ein kleiner Teil dessen erfasst, was wir mit unserem Sehorgan wahrnehmen, nämlich die Mannigfaltigkeit der Farben. Durch den Gesichtssinn wird ein Gemisch aus Strahlen aller Wellenlängenbereiche des sichtbaren Spektrums als mehr oder weniger unbunt empfunden. Im Gegensatz dazu ist die Strahlung in einem eng begrenzten Wellenlängenbereich, die sogenannte monochromatische Strahlung, mit der Empfindung einer gesättigten bunten Farbe, der Spektralfarbe, verknüpft.

Die Zapfen im Auge verfügen über die drei notwendigen Empfänger, die im blauen, grünen und roten Spektralbereich sensibel sind. Ist der Verlauf der spektralen Empfindlichkeit festgelegt, so können die drei Farbzahlen direkt durch eine physikalische Messung oder rechnerische Bewertung des Spektrums mit den drei Empfindlichkeitskurven ermittelt werden. (Müller, 74)

Abbildung 3: CIE-Farbtafel



Quelle: Baer, 46

Man kann die Farben kennzeichnen, indem man entweder die Farbempfindung (Farbvalenz) oder die spektrale Energieverteilung zugrunde legt. Die Kennzeichnung der Farbempfindung mit Farbvalenz wurde von der Internationalen Beleuchtungskommission (CIE) genormt. Dazu wurden drei Normspektralwertfunktionen mit den Bezeichnungen $x(\lambda)$, $y(\lambda)$ und $z(\lambda)$ festgelegt. Mit den drei Maßzahlen ist man in der Lage, jede Farbempfindung in Farbton, Helligkeit und Sättigung

eindeutig anzugeben. Sie können als die Koordinaten eines dreidimensionalen Farbenraums angesehen werden. Der Farbeindruck ist umso heller, je weiter die Koordinaten vom Ursprung des Koordinatensystems entfernt sind. Sowohl Licht- als auch Körperfarben können in diesem System dargestellt werden.

Da aber für die Spektralwertfunktion die Beziehung $x + y + z = 1$ gilt, reichen schon die x - und y -Werte aus, um die Farbart (ohne Berücksichtigung der Helligkeit) zu kennzeichnen. x und y können damit zur grafischen Darstellung der Farbarten in einem Koordinatensystem, der Normtafel (siehe Abb. 4) verwendet werden. Damit kann der Farbart durch eine Messung der Normwertanteile x und y bestimmt werden.

In der Mitte der Farbtabel, bei den Koordinaten $x = 0,333$ und $y = 0,333$, liegt der Weißpunkt, oder Unbuntpunkt. Soll eine Farbe als weiß empfunden werden, so darf sie nicht weit von diesem Punkt entfernt sein. Das Feld der reellen Farben wird vom Spektralfarbenzug, auf dem die reinen Spektralfarben liegen, und der Purpurgeraden begrenzt.

Die durch einen leuchtenden Körper verursachte Farbempfindung (Lichtfarbe) wird häufig durch die Farbtemperatur T_F (Temperaturangaben in Kelvin (K) oder Mired = $10^6 \times 1/K$). Das ist die Temperatur, die ein Schwarzer Strahler annehmen müsste, um die gleiche Farbempfindung wie der zu kennzeichnende Strahler auszulösen. Der Vergleich mit der Farbtemperatur des Schwarzen Körpers hat den Vorteil, dass bereits mit nur einer Zahlenangabe die Lichtfarbe gekennzeichnet werden kann. Um auch die Farborte, die nicht unmittelbar auf dem Kurvenzug des Schwarzen Körpers (Plank'scher Kurvenzug) liegen, durch eine Farbtemperatur zu beschreiben, wurden Kurven ähnlichster Farbtemperatur eingezeichnet.

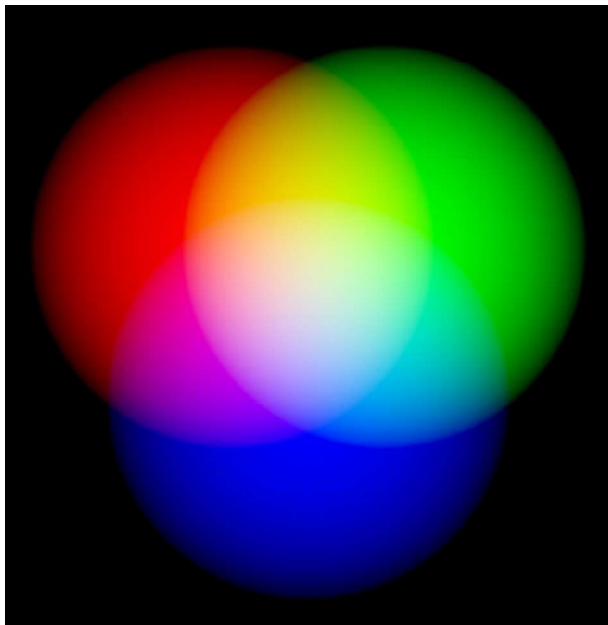
Die Farbart allein ist jedoch nicht immer das allein entscheidende Kriterium. So vermeidet man in Innenräumen Lichtfarben mit Farbtemperaturen, die höher sind als 5.500 K, weil das Auge aus einer im Freien gewonnen Erfahrung eine Leuchtdichte zwischen 5.000 und 100.000 Lux erwartet, jedoch in den meisten Räumen nur 500 bis 1.000 Lux angeboten werden. Darum wirken Beleuchtungen mit dieser Farbtemperatur grau und bieten kein angenehmes Raumklima. Ähn-

lichste Farbtemperaturen können auch für das Tageslicht angegeben werden. Sie liegen zwischen 4.000 K und 10.000 K. (Handbuch für Beleuchtung, I – 2, 14)

3.3.2 Farbmischungen

Bei der Mischung von Farben unterscheidet man zwischen additiver und subtraktiver Farbmischung. Beide Verfahren werden durch unterschiedliche Mischgesetze beschrieben. Die subtraktive Farbmischung, die z. B. bei der Hintereinanderschaltung mehrerer Farbfilter entsteht, scheidet aus den ursprünglich vorhandenen Spektren Teile aus. (Müller, 67, Handbuch für Beleuchtung, I – 2, 15)

Abbildung 4: Additive Farbmischung



Beim Zusammenfügen der drei additiven Grundfarben (Primärfarben) Rot, Grün und Blau in gleichen Teilen entsteht die Farbe Weiß. Alle anderen Farben ergeben sich aus dem Mischverhältnis der drei additiven Grundfarben. Werden nur zwei der drei additiven Grundfarben gemischt, erhält man als Mischfarbe eine subtraktive Grundfarbe, die auch als Komplementärfarbe (Sekundärfarbe) bezeichnet wird.

Quelle: <http://dic.academic.ru/pictures> (07.09.2009)









Komplementärfarben sind Farben, die mit einer Primärfarbe gemischt, weißes Licht ergeben. Als kompensative werden Farben bezeichnet, aus denen man durch additive Mischung eine unbunte Farbe (Schwarz-Grau-Weiß) mischen kann.

3.3.3 Farbwiedergabe

Die praktische Bewertung der Farbwiedergabe spielt hauptsächlich in der Innenbeleuchtung eine große Rolle, für die eine ganze Reihe verschiedener Ty-

pen von Leuchtstofflampe mit unterschiedlicher spektraler Verteilung zur Verfügung stehen. Unter dem Begriff Farbwiedergabe durch Lichtquellen wird dabei die Auswirkung der Strahlung einer Lichtquelle auf den Farbeindruck von Objekten verstanden, die damit beleuchtet werden, im Vergleich zum Farbeindruck der gleichen Objekte unter einer Bezugslichtart (siehe DIN 6169). Die Remissionsspektren von acht Testfarben (siehe Tab. 2) werden einmal mit einer vorgegebenen Lichtquelle, deren Farbtemperatur möglichst in der Nähe der zu prüfenden Lampe liegen sollte, ermittelt und anschließend mit der zu überprüfenden Lampe verglichen. Die Abweichung des Farbeindrucks wird für alle acht Testfarben durch ein vereinbartes Rechenverfahren verglichen und bewertet. Wären die Daten beider Lampen identisch, so würde der Farbwiedergabeindex $R_a = 100$ betragen, jedoch liegt er meistens darunter.

Tabelle 2: Testfarben für die Bestimmung des Farbwiedergabeindex

R ₁	Altrosa		R ₅	Türkisblau	
R ₂	Senfgelb		R ₆	Himmelblau	
R ₃	Gelbgrün		R ₇	Asterviolett	
R ₄	Hellgrün		R ₈	Fliederviolett	

Quelle: DIN 6169

3.4 Lichttechnische Grundgrößen

3.4.1 Strahlungsphysikalische Größen und Einheiten

3.4.1.1 Lichtstrom [ϕ]

„Der Lichtstrom ist die von einer Lichtquelle ausgestrahlte oder auf eine Fläche auffallende Strahlungsleistung (...).“ (Handbuch für Beleuchtung, I – 1, 10)
Die Einheit des Lichtstroms ist Lumen [lm].

Die sichtbare Strahlungsleistung wird nicht in Watt angegeben, das das Auge für die Strahlung verschiedener Wellenlängen unterschiedlich empfindlich ist. Die Strahlungsleistung des Lichtstroms wird mit Hilfe des fotometrischen Strahlungsäquivalents $K(\lambda)$ ermittelt, das sich auf die $V(\lambda)$ -Kurve der Hellempfindlichkeit des Auges bezieht. Der Maximalwert der fotometrischen Strahlungsäquivalenz K_m liegt bei einer Wellenlänge von 555 nm und beträgt 683 Lumen/Watt. Ein Lichtstrom von 1 lm entspricht einer Leistung von 0,0014 W (Müller, 101).

3.4.1.2 Lichtmenge [Q]

Aus der Strahlungsleistung [W] erhält man die Strahlungsenergie [Ws] durch Multiplikation mit der Zeit. In vergleichbarer Zeit entsteht die Lichtenergie oder Lichtarbeit aus der Lichtleistung durch Multiplikation mit der Zeit. Diese Größe wird jedoch in der Licht- und Beleuchtungstechnik mit Lichtmenge bezeichnet. Ihre Einheit ist die Lumenstunde [lmh]. (Handbuch für Beleuchtung, I – 1, 11)

3.4.1.3 Lichtstärke [I]

„Die Lichtstärke ist die Lichtstärke einer Strahlungsquelle, die in eine bestimmte Richtung monochromatisches Licht der Wellenlänge 555 nm mit der Strahlstärke 1/683 Watt/sr aussendet.“ (Müller, 101)

Die Lichtstärke gibt die Lichtstromdichte (Intensität) einer Lichtquelle in eine bestimmte Richtung an, wobei die Lichtstärke bei verschiedenen Richtungen ungleichmäßig verteilt ist. Diese Richtungsabhängigkeit wird in Lichtstärkeverteilungskurven (LVK) dargestellt. Die Lichtstärkeverteilungskurve ist auf einem Po-

lardiagramm eingezeichnet, wobei die Lichtquelle in der Mitte des Diagramms liegt und die Lichtstärke zum Rand des Diagramms abnimmt. „Das Diagramm gibt die Lichtstärke in Abhängigkeit von einem Abstrahlwinkel mit der Einheit Lumen an.“ (Müller, 102) Die Lichtstärkeverteilung hängt stark von der Art und Bauform der Lichtquelle ab.

Es gibt verschiedene Kategorien von Lichtstärkeverteilungskurven, z. B.:

- tiefstrahlend (nach unten strahlend)
- engstrahlend (enger Abstrahlwinkel)
- breitstrahlend (breiter Abstrahlwinkel)
- freistrahrend (großer Abstrahlwinkel)
- hochstrahlend (nach unten und nach oben strahlen)
- asymmetrisch oder schrägstrahlend.

3.4.1.4 Lichtausbeute [η]

Das Lumen/Watt-Ratio wird auch als Lichtausbeute bezeichnet. Die Lichtausbeute gibt den erzeugten Lichtstrom im Verhältnis zu der aufgewendeten elektrischen Leistung an.

Tabelle 3: Lichtausbeuten verschiedener Lichtquellen

Lichtquelle	Lichtausbeute [lm/W]
Glühlampe 60 W	12
Leuchtstofflampe	78
Natriumdampf-Niederdrucklampe	105

Quelle: Müller, 102

3.4.1.5 Leuchtdichte [L]

„Die Leuchtdichte ist ein Maß für den Helligkeitseindruck, den das Auge von einer selbstleuchtenden oder einer beleuchteten Fläche hat.“ (Müller, 102) Als lichttechnische Grundgröße wird die Leuchtdichte als Lichtstärke I je Flächeneinheit A definiert. Die Einheit der Leuchtdichte ist cd/m^2 . (Handbuch für Beleuchtung, I – 1, 13)

Tabelle 4: Leuchtdichten einiger Lichtquellen

Lichtquelle	Mittlere Leuchtdichte [cd/m ²]
Mittagssonne	160.000
Kerze	0,75
Glimmlampe	0,02 bis 0,06
Leuchtstofflampe	0,5 bis 3,0
Kompaktleuchtstofflampen	2,0 bis 7,0
Glühlampe	200 bis 2.600
Halogenmetall dampflampe	1.000 bis 6.000
Quecksilberdampf-Kurzbogenlampe	30.000 bis 300.000
Xenon-Kurzbogenlampe	20.000 bis 500.000

Quelle: Handbuch für Beleuchtung, I – 1, 14

3.4.1.6 Beleuchtungsstärke [E]

Die Beleuchtungsstärke ist ein Maß für das auf eine Fläche auftreffende Licht. Hierbei wird auch von der Lichtstromdichte gesprochen. Die Einheit ist Lux [lx].

Tabelle 5: Beispiele für Beleuchtungsstärken

Beispiel	Beleuchtungsstärke [lx]
Operationsfeldbeleuchtung	20.000 bis 120.000
sonniger Sommertag	60.000 bis 100.000
trüber Sommertag	20.000
trüber Wintertag	3.000
gut beleuchteter Arbeitsplatz	500 bis 750
Fußgängerzone	5 bis 100
Vollmondnacht	0,25
Neumondnacht	0,01

Quelle: Handbuch für Beleuchtung, I – 1, 12

Bei Einrichtungen oder dem Betrieb von Beleuchtungsanlagen werden noch weitere, speziell auf die Praxis abgestimmte Größen der Beleuchtungsstärke benutzt, wie z. B.:

- Horizontalbeleuchtungsstärke E_h , Beleuchtungsstärke auf einer horizontalen Ebene

- Vertikalbeleuchtungsstärke E_v , Beleuchtungsstärke auf einer vertikalen Ebene, unter Angabe der Bezugsrichtung
- mittlere Beleuchtungsstärke E , arithmetischer Wert der Beleuchtungsstärken an verschiedenen Punkten einer Raumzone
- Nennbeleuchtungsstärke E_n , Nennwert der mittleren Beleuchtungsstärke, für den die Anlage hinsichtlich der Sehaufgaben ausgelegt ist.

3.4.2 Stoffkennzahlen

In Materie werden Lichtstrahlen in Abhängigkeit von der Wellenlänge teilweise reflektiert, absorbiert und/oder transmittiert.

3.4.2.1 Reflexionsgrad $[\rho]$

„Der Reflexionsgrad gibt das Verhältnis des von einem Material reflektierten Lichtstroms zum auftreffenden Lichtstrom an.“ (Müller, 43) Werden von einem Material sämtliche Wellenlängen des Lichts in gleicher Stärke reflektiert, erscheint das Material je nach Reflexionsgrad als mehr oder weniger grau. Bei einer vollkommenen Reflexion aller auftreffenden Lichtstrahlen hat das Material die Farbe Weiß. Werden einzelne Spektralanteile von dem Material bevorzugt reflektiert, erscheint die Oberfläche des Materials farbig.

Tabelle 6: Reflexionsgrade verschiedener Stoffe

Stoff	Reflexionsgrad
Weißes Papier	0,7 bis 0,85
Schnee	0,6 bis 0,7
Erde	0,07
weiße Anstrichfarbe	0,75 bis 0,85
dunkle Anstrichfarbe	0,1 bis 0,2
Aluminiumspiegel	0,8 bis 0,9

Quelle: Müller, 44

3.4.2.2 Transmissionsgrad $[\tau]$

„Der Transmissionsgrad gibt das Verhältnis des von einem Material durchgelassenen Lichtstroms zum antreffenden Lichtstrom an.“ (Müller 45) Je nach Struktur und Art des Materials ergeben sich verschiedene Arten der Transmission:

- gerichtete Transmission, keine Streuung beim Transmittieren von Materialien, z. B. Fensterglas
- gemischte Transmission, geringe Streuung beim Transmittieren von Materialien
- gestreute Transmission, geringe Streuung beim Transmittieren von Materialien, z. B. Matt- oder Trübglass.

Tabelle 7: Transmissionsgrade verschiedener Stoffe

Stoff	Transmissionsgrad
Fensterglas	0,8 bis 0,9
weißes Gewebe	0,4 bis 0,6
Sonnenbrillen	0,1 bis 0,5
Trübglass	0,4 bis 0,7

Quelle: Müller, 45

3.4.2.3 Absorptionsgrad $[\alpha]$

„Der Absorptionsgrad gibt das Verhältnis des von einem Material absorbierten Lichtstroms zum auftreffenden Lichtstrom an.“ (Müller, 45) Bei einer vollkommenen Absorbierung aller auftreffenden Lichtstrahlen nimmt das Material die Farbe Schwarz an. Werden einzelne Spektralanteile von dem Material bevorzugt absorbiert, erscheint die Oberfläche des Materials farbig.

Tabelle 8: Absorptionsgrad einiger Stoffe

Stoff	Absorptionsgrad
weißes Papier	0,15 bis 0,2
Fensterglas	0,1 bis 0,2
dunkles Glas	0,9 bis 1,0
Grauer Stoff	0,6 bis 0,8

Quelle: Müller, 45

3.5 Terminologie

TER: Lichttechnik (f.)

DEF: Teilgebiet der Technik, das sich mit den Fragen der Lichtwirkung auf den Menschen (Beleuchtungstechnik), der Lichtmessung, der Lichterzeugung (Lampen und Leuchten) und der Anwendung optischer Strahlung beschäftigt.

QUE: <http://www.techniklexikon.net/d/lichttechnik/lichttechnik.htm> (06.09.2009)

ТЕР: Светотехника (ж.)

ОПР: Отрасль науки и техники, изучающая использование энергии излучения в пределах оптической области спектра электромагнитных колебаний.

СИН: Осветительная техника (ж.)

ИСТ: Терпигорев, 3

TER: Optische Strahlung (f.)

DEF: Elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 1 mm.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, I – 2

ТЕР: Оптическое излучение (ср.)

ОПР1: Электромагнитное излучение с длиной волны примерно от 1 нм до 1 м, т.е. в области между рентгеновским излучением и радиоизлучением.

ИСТ: Айзенберг, 9

СИН: Световое излучение (ср.)

СИН: Светоизлучение (м.)

TER: Licht (n.)

DEF (physikalisch): Teil der elektromagnetischen Strahlung bezeichnet, für den das menschliche Auge empfindlich ist.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, I – 1, 1

DEF (allgemein): Die Hellenempfindung, die nach einer Reizung der Empfänger-elemente des Auges entsteht und uns über das Gehirn das Abbild der Umwelt vermittelt.

DEF: im physikalischen Sinne – die in das Auge eindringende, zur Erregung der Empfänger-elemente geeignete Strahlung oder elektromagnetische Strahlung des Wellenbereiches von 380 bis 780 nm ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{ m}$).

QUE: Hentschel, 1-2

ТЕР: Свет (м.)

ОПР: Излучение, которое при попадании на сетчатую оболочку глаза может вызвать зрительное ощущение, т.е. превращение энергии внешнего раздражителя в факт сознания.

СИН: Видимое излучение (ср.)

ИСТ: Айзенберг, 8

ТЕР: Фотон (м.)

ОПР: Элементарный квант лучистой энергии. Его величина равна произведению постоянной Планка на частоту излучения электромагнитного излучения ($h\nu$).

ИСТ: CIE, 5/105⁵

ТЕР: Foton (м.)

DEF: Elementarquantum der Strahlungsenergie. Seine Größe ist gleich dem Produkt aus dem Planck'schen Wirkungsquantum und der Frequenz der betreffenden elektromagnetischen Strahlung ($h\nu$).

QUE: CIE, 5/105

⁵ Die Quellenangabe „CIE X/X“ steht für das Internationale Wörterbuch der Beleuchtung. Die Zahl vor dem Schrägstrich gibt die Abschnittsnummer, die Zahl nach dem Schrägstrich die Eintragsnummer an.

TER: Wellenlänge (f.)

DEF: Langenabstand zwischen aufeinanderfolgenden Punkten gleicher Phase, in Richtung der Wellenausbreitung gemessen.

QUE: CIE, 5/130

ТЕР: Длина волны (ж.)

ОПР: Расстояние в направлении распространения периодической волны между двумя последовательными точками, в которых колебания синфазны.

ИСТ: CIE, 5/130

TER: Monochromatische Strahlung (f.)

DEF: Elektromagnetische Strahlung von nur einer Frequenz. In erweitertem Sinne auch Strahlung eines sehr kleinen Frequenz- bzw. Wellenlängenbereiches, der durch Angabe einer einzelnen Frequenz bzw. Wellenlänge gekennzeichnet werden kann.

QUE: CIE, 5/015

ТЕР: Монохроматическое излучение (ср.)

ОПР: Излучение, характеризуемое одной частотой. В более широком смысле: излучение, содержащее очень узкую полосу частот или длин волн, которое может быть охарактеризовано указанием одной частоты или одной длины волны.

ИСТ: CIE, 5/015

СИН: Однородное излучение (ср.)

TER: Sichtbare Strahlung (f.)

DEF: Strahlung, die unmittelbar eine Gesichtsempfindung hervorzurufen vermag. Für praktische Zwecke kann der Wellenlängenbereich der sichtbaren Strahlung als zwischen 380 und 780 nm liegend angenommen werden.

QUE: CIE, 5/025

SYN: Sichtbarer Bereich des Spektrums (m.)

ТЕР: Видимое излучение (ср.)

ОПР : Видимое излучение. Излучение, способное непосредственно вызывать зрительное ощущение. Длины волн видимого излучения практически заключены в интервале между 380 и 780 нм (ммк).

ИСТ: CIE, 5/025

СИН: Видимая область спектра (ж.)

ТЕР: Ultraviolette Strahlung (f.)

DEF: Strahlung, die etwa dem Wellenlangenbereich von 10 bis 380 nm angehört.

QUE: CIE, 5/035

SYN: UV-Strahlung (f.)

ТЕР: Ультрафиолетовое излучение (ср.)

ОПР: Излучение, монохроматические составляющие которого заключены в интервале длин волн приблизительно от 10 до 380 нм (ммк).

ИСТ: CIE, 5/035

ТЕР: Infrarot-Strahlung (f.)

DEF: Strahlung, die etwa dem Wellenlangenbereich von 780 bis 105 nm angehört.

QUE: CIE, 5/030

SYN: IR-Strahlung (f.)

ТЕР: Инфракрасное излучение (ср.)

ОПР: Излучение, монохроматические составляющие которого заключены в интервале длин волн приблизительно от 780 до 105 нм (ммк).

ИСТ: CIE, 5/030

ТЕР: Temperaturstrahlung (f.)

DEF: Strahlung, die durch die thermische Bewegung der Atome oder Moleküle eines Körpers verursacht wird.

QUE: CIE, 5/205

ТЕР: Тепловое излучение (ср.)

ОПР: Процесс лучеиспускания, при котором лучистая энергия получается за счёт возбуждения теплотой атомов или молеку

ИСТ: CIE, 5/205

ТЕР: Spektrum einer Strahlung (n.)

DEF: 1) Bild, das durch die Zerlegung einer zusammengesetzten Strahlung in ihre monochromatischen Komponenten entsteht. 2) Spektrale Zusammensetzung einer Strahlung

QUE: CIE, 5/040

ТЕР: Спектр излучения (м.)

ОПР: 1) Изображение, образуемое разложением излучения на его составляющие. 2) Состав сложного излучения.

ИСТ: CIE, 5/040

ТЕР: Сплошной спектр (м.)

ОПР: Спектр, у которого монохроматические составляющие заполняют без разрывов интервалы длин волн, в пределах которого происходит излучение.

ИСТ: Айзенберг, 21

ТЕР: Полосатый спектр (м.)

ОПР: Спектр, монохроматические составляющие которого образуют дискретные группы (полосы), состоящие из множества тесно расположенных монохроматических.

ИСТ: Айзенберг, стр. 21

ТЕР: Linienspektrum (n.)

DEF: Spektrum, das voneinander getrennte (diskrete) Stellen erhöhter Intensität, so genannte Linien, zeigt.

QUE: Müller, 140

ТЕР: Линейчатый спектр (м.)

ОПР: Спектр, состоящий из отдельных, не прерывающихся друг у друга монохроматических излучений.

ИСТ: Айзенберг, 21

ТЕР: Spektraler Emissionsgrad (eines Temperaturstrahlers) (м.)

DEF: Verhältnis der spektralen Dichte der spezifischen Ausstrahlung des betrachteten Temperaturstrahlers und derjenigen des schwarzen Strahlers gleicher Temperatur.

QUE: CIE, 40/180

ТЕР: Спектральный коэффициент излучения (м.)

ОПР: Показатель, характеризующий свойства оптического излучателя, равный отношению мощности его монохроматического излучения к мощности излучения той же длины волны абсолютно черного тела при той же температуре и равных площадях и телесных углах излучения.

СИН: Спектральная излучательная способность

ИСТ: Терпигорев, 8

ТЕР: Schwarzer Strahler (м.)

DEF: Körper, der alle auffallende Strahlung unabhängig von ihrer Wellenlänge und Richtung absorbiert. Die spektrale Dichte seiner spezifischen Ausstrahlung hat für alle Wellenlängen den für einen Temperaturstrahler maximal möglichen Wert.

QUE: CIE, 5/220

SYN: Schwarzer Körper (м.)

SYN: Planck'scher Strahler (м.)

ТЕР: Абсолютно черное тело (ср.)

ОПР: Тело, которое поглощает все падающие на него излучения независимо от длины волны и направления излучения. Это - тепловой излучатель,

который при заданной температуре имеет максимальную спектральную интенсивность плотности излучения.

ИСТ: CIE, 5/220

СИН: Полный излучатель (м.)

СИН: Излучатель Планка (м.)

TER: Punktartige Strahlungsquelle (f.)

DEF: Strahlungsquelle, deren Ausdehnung im Vergleich zum Abstand vom Strahlungsempfänger vernachlässigt werden kann.

QUE: CIE, 5/110

ТЕР: Точечный источник излучения (м.)

ОПР: Источник энергии излучения, размерами которого можно пренебречь по сравнению с расстоянием от него до приемника излучения.

ИСТ: CIE, 5/110

TER: CIE-Farbtafel (f.)

DEF: Ebene graphische Darstellung der Mischungsbeziehungen der Farbvalenzen; jeder Farbart ist ein Punkt der Ebene eindeutig zugeordnet.

QUE: CIE, 15/160

SYN: CIE-Normtafel (f.)

SYN: CIE-Farbdreieck (n.)

ТЕР: График цветностей МКО (1931) (м.)

ОПР: Графическое изображение на плоскости совокупности координат цветности. Каждой цветности однозначно соответствует точка графика цветностей.

ИСТ: CIE, 15/025

СИН: Диаграмма цветностей МКО (ж.)

СИН: Цветовой график МКО (м.)

TER: Farbvalenz (f.)

DEF: Größe, die den Wert eines Farbreizes für die additive Farbmischung kennzeichnet. Sie hat Vektoreigenschaften und wird durch drei Farbwerte beschrieben.

QUE: CIE, 15/045

ТЕР: Стимул (м.)

ОПР: Совокупность координат цвета излучения (сложного или монохроматического).

ИСТ: CIE, 15/045

TER: Farbart (f.)

DEF: Die Eigenschaft eines Farbreizes, wie sie definiert wird durch seine Normfarbwertanteile (oder durch farbtongleiche Wellenlänge und spektralen Farbanteil zusammen).

QUE: CIE, 15/090

ТЕР: Цветность (ж.)

ОПР: Качественная характеристика цвета, определяемая его координатами цветности, либо совокупностью цветового тона и чистоты цвета.

ИСТ: CIE, 15/090

TER: Additive Farbmischung (f.)

DEF: Gleichzeitige (oder in raschem periodischem Wechsel erfolgende) Einwirkung verschiedener Farbreize auf die gleiche Netzhautstelle. Additive Farbmischung tritt auch ein, wenn statt der gleichen Netzhautstelle hinreichend eng benachbarte Netzhautstellen erregt werden.

QUE: CIE, 15/135

ТЕР: Аддитивное смешение цветов (ср.)

ОПР: Смешение цветов, которое происходит в результате попадания (одновременного или в быстрой последовательности) цветовых потоков на

один и тот же участок сетчатки глаза или в результате образования этими потоками мозаики, составных частей которой глаз не может различить.

ИСТ: CIE, 15/135

TER: Komplementärfarbe (f.)

DEF: Diejenige Farbvalenz, deren Farbwerte zusammen mit denen der gegebenen Farbvalenz gerade die Farbwerte der vollkommen matt-weißen Fläche ergeben.

QUE: CIE, 15/175

ТЕР: Дополнительные цвета (мн. ч.)

ОПР: Любые два цвета, которые при аддитивном смешении в соответствующих пропорциях дают стандартизованный ахроматический цвет.

ИСТ: CIE, 15/175

TER: Unbunte Farbart (f.)

DEF: 1) Für Selbstleuchter gilt als Unbunt die Farbart des energiegleichen Spektrums ($x(\lambda) = y(\lambda) = z(\lambda)$). 2) Für Körperfarben gilt die Farbart der beleuchtenden Lichtquelle jeweils als Unbunt.

QUE: CIE, 15/115

ТЕР: Ахроматический цвет (м.)

ОПР: Ряд цветов, расположенных в цветовом пространстве вдоль оси, проходящей через начало координат и цвет белой поверхности в условиях данного освещения.⁶

ИСТ: CIE, 15/115

⁶ Die genormte russische Definition weicht von der Definition des Internationalen Wörterbuch der Beleuchtung ab.

ТЕР: Цветовая температура (ж.)

ОПР: Температура абсолютно черного тела, при которой цветность его излучения одинакова с цветностью исследуемого излучения.

ИСТ: CIE, 15/020

ТЕР: Farbtemperatur (f.)

DEF: Wenn ein Strahler eine Strahlung emittiert, die für den farbmessstechnischen Normalbeobachter die gleiche Farbart hervorruft wie die Strahlung des Schwarzen Körpers einer bestimmten Temperatur, dann wird diese Temperatur des Schwarzen Körpers als die Farbtemperatur des Strahlers bezeichnet.

QUE: CIE, 15/020

ТЕР: Farbwiedergabe (durch Lichtquelle) (f.)

DEF: Auswirkung der Strahlung einer Lichtquelle auf den Farbeindruck von Objekten, die damit beleuchtet werden, im Vergleich zum Farbeindruck der gleichen Objekte unter einer Bezugslichtart (siehe DIN 6169).

ТЕР: Цветопередача (ж.)

ОПР: Влияние спектрального состава излучения на вид освещенных предметов. Цветопередача источника может быть выражена посредством распределения лучистого потока или светового потока по 8 спектральным полосам МКО.

ИСТ: CIE, 15/150

ТЕР: Gesichtsfeld (f.)

DEF: Sehbereich, der ohne Bewegung der Augen erfasst werden kann.

QUE: Müller, 52

ТЕР: Поле зрения (ср.)

ОПР: Совокупность точек в пространстве, которые могут быть замечены, если глаза и голова неподвижны.

ИСТ: CIE, 25/200

TER: Blickfeld (n.)

DEF: Sehbereich, der mit Bewegung der Augen erfasst werden kann.

QUE: Müller, 52

ТЕР: Поле обзора (ср.)

ОПР: Совокупность точек в пространстве, которые могут быть зафиксированы подвижным глазом при неподвижной голове.

ИСТ: CIE, 25/205

TER: Hellempfindlichkeit (f.)

DEF: Fähigkeit des Auges, Leuchtdichten wahrzunehmen.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, I – 2

SYN: Helligkeitswahrnehmung (f.)

ТЕР: Яркостная чувствительность (ж.)

ОПР: Чувствительность глаза к оптическим волнам разной длины.

ИСТ: Айзенберг, 33

TER: Sehschärfe (f.)

DEF: Fähigkeit des Auges, zwei eng benachbarte Linien getrennt wahrzunehmen.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, I – 2

SYN: Formenempfindlichkeit (f.)

ТЕР: Острота зрения (ж.)

ОПР: Способность отчётливо различать предметы, находящиеся очень близко один к другому.

ИСТ: CIE, 25/210

TER: Akkommodation (f.)

DEF: Fähigkeit des Auges, verschieden weit entfernte Gegenstände scharf auf der Netzhaut abzubilden.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, I – 2

ТЕР: Аккомодация (ж.)

ОПР: Самопроизвольная модификация глаза для рассматривания предмета, находящегося на определённом расстоянии (от глаза)

ИСТ: CIE, V/215

TER: Adaptation (f.)

DEF: Fähigkeit des Auges, sich verschiedenen Leuchtdichten anzupassen.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, I – 2

ТЕР: Адаптация (ж.)

ОПР: Приспособления глаза к изменившимся условиям освещения.

ИСТ: Айзенберг, 30

TER: Helligkeitsadaptation (f.)

DEF: Fähigkeit des Auges, sich an hohe Leuchtdichten des Sehfeldes anzupassen.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, I – 1.3

ТЕР: Световая а. (ж.)

ОПР: Приспособления глаза к работе в условиях высоких яркостей поля зрения.

ИСТ: Айзенберг, стр. 31

TER: Dunkeladaptation (f.)

DEF: Fähigkeit des Auges, sich an niedrige Leuchtdichten des Sehfeldes anzupassen.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, I – 1.3

ТЕР: Темновая а. (ж.)

ОПР: Приспособления глаза к работе в условиях низких яркостей поля зрения.

ИСТ: Айзенберг, 30

ТЕР: Kontrast (m.)

DEF: Subjektiv: Gegenseitige Beeinflussung zweier unmittelbar aneinandergrenzender oder zeitlich aufeinanderfolgender Gesichtseindrücke.

QUE: CIE, 25/230

ТЕР: Контраст (м.)

ОПР: Эффект субъективного качественного или количественного различия, в частности в случае чувственных стимуляций, сопоставляемых в пространстве или во времени (одновременный или последовательный контраст).

QUE: CIE, 25/230

ТЕР: Unterschiedsempfindlichkeit (f.)

DEF: Fähigkeit, Leuchtdichtenunterschiede zwischen benachbarten, leuchtenden Flächen wahrzunehmen.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, I – 2

ТЕР: Различительная (контрастная) чувствительность (ж.)

ОПР: Способность глаза обнаруживать рассматриваемый объект по контрасту его с фоном, а также величина, характеризующая эту способность, равная обратной величине порогового контраста яркости.

ИСТ: Терпигорев, 16

TER: Tagessehen (n.)

DEF: Das Sehen, welches im Wesentlichen oder sogar ausschließlich durch Zapfen vermittelt wird.

QUE: CIE, 25/025

SYN: Photopisches Sehen (n.)

ТЕР: Дневное зрение (ср.)

ОПР: Зрительный процесс в условиях высокого уровня яркости, обусловленный реакцией на световое раздражение колбочкового аппарата.

ИСТ: CIE, 25/025

TER: Nachtsehen (n.)

DEF: Das Sehen, welches im Wesentlichen oder sogar ausschließlich durch Stäbchen vermittelt wird.

QUE: CIE, 25/030

SYN: Skotopisches Sehen (n.)

ТЕР: Ночное зрение (ср.)

ОПР: Зрительный процесс в условиях переходного режима, обусловленный реакцией на раздражение палочкового аппарата.

ИСТ: Терпигорев, 15

TER: Dämmerungssehen (n.)

DEF: Sehen im Zwischengebiet zwischen Tagessehen und Nachtsehen.

QUE: CIE, V/035

SYN: Übergangssehen (n.)

SYN: Mesopisches Sehen (n.)

ТЕР: Сумеречное зрение (ср.)

ОПР: Зрение в промежуточных условиях между дневным и ночным зрением.

ИСТ: CIE, 25/035

TER: Helligkeit

DEF: Die Eigenschaft einer Lichtempfindung, auf Grund der ein Teil des Gesichtsfeldes mehr oder weniger Licht auszusenden scheint.

QUE: CIE, 25/145

ТЕР: Субъективная яркость (ж.)

ОПР: Свойство зрительного ощущения, согласно которому некоторая поверхность кажется испускающей больше или меньше света.

ИСТ: CIE, 25/145

СИН: Светлота (ж.)

TER: Blendung (f.)

DEF: Sehzustand, der durch eine unzweckmassige Leuchtdichtevertelung, durch zu hohe Leuchtdichten oder zu große räumliche oder zeitliche Leuchtdichtekontraste als unangenehm empfunden wird oder eine Herabsetzung der Sehfunktion zu Folge hat.

QUE: CIE, 25/270

ТЕР: Слепимость (ж.)

ОПР: Условия видения, при которых испытываются либо затруднения зрения, либо ухудшение способности различать предметы, либо одновременно оба этих фактора; причины этого - неблагоприятное распределение яркостей и их последовательное изменение между предельными очень разняющимися значениями, или чрезмерные контрасты в пространстве и во времени.

ИСТ: CIE, 25/270

TER: Flimmern (n.)

DEF: Eindruck der raschen Veränderung der Leuchtdichte oder Farbe, wobei sich die Veränderung mit einer Frequenz abspielt, die oberhalb einiger Hertz und unterhalb der Verschmelzungsfrequenz liegt.

QUE: CIE, 25/240

ТЕР: Блескость (ж.)⁷

ОПР: Свойство светящихся тел изменять установившийся уровень видимости в результате чрезмерной освещенности, создаваемой ими на зрачке наблюдателя, или их чрезмерной яркости.

ИСТ: Терпигорев, 18

TER: Flackern (n.)

DEF: Unregelmässige oder langsam periodische Lichtschwankung, die bei Wechselstrombetrieb zur Netzfrequenz in keiner Beziehung steht.

ИСТ: CIE, 25/240

ТЕР: Мерцание (ср.)

ОПР: Нерегулярная флуктуация света первичного источника излучения, не связанная с частотой источника, питаемого переменным током.

ИСТ: CIE, 25/240

TER: Stroboskopischer Effekt (m.)

DEF: Bewegungstäuschung, die darin besteht, dass bewegte Gegenstände ruhend oder in einem anderen als dem tatsächlichen Bewegungszustand erscheinen, wenn sie durch periodisch veränderliches Licht beleuchtet werden.

QUE: CIE, 25/245

ТЕР: Стробоскопический эффект (м.)

ОПР: Кажущееся изменение действительного движения предмета, когда это движение происходит с некоторой периодичностью и наблюдается при периодически изменяющейся освещенности.

⁷ Die genormte russische Definition nach Terpigorev weicht von der Definition des Internationalen Wörterbuchs der Beleuchtung ab.

ИСТ: CIE, 25/245

TER: Schattigkeit (f.)

DEF: Verteilung von Licht und Schatten an Objekten.

QUE: Müller, 35

ТЕР: Светотень (ж.)

ОПР: Градации светлого и темного, позволяющее воспринимать объем фигуры или предмета и окружающую их световоздушную среду.

ИСТ: http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?RAhlwwg.o9!jrgng (08.09.2009)

TER: Sphärische Aberration (f.)

DEF: Unschärfe des Netzhautbildes aufgrund der unterschiedlichen Fokussierung der paraxial und zentral einfallenden Strahlung.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, I – 2

ТЕР: Сферическая абберация (ж.)

ОПР: Рассеяние лучей в сфокусированной оптической системе глаза, обусловленное неодинаковой сходимостью лучей центральной и периферических зонах линз.

ИСТ: http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?RAhlwwg.o9!jrgng (08.09.2009)

TER: Chromatische Aberration (f.)

DEF: Wellenlängenabhängige Brechkraft der Augenlinse.

QUE: Müller, 142

ТЕР: Хроматическая абберация (ж.)

ОПР: Рассеяние лучей в сфокусированной оптической системе глаза, обусловленное неодинаковой сходимостью лучей различной длины волны.

ИСТ: http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?RAhlwwg.o9!jrgng (08.09.2009)

TER: Erythem (n.)

DEF: Rötung der Haut infolge einer Sonnenbestrahlung.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, I – 4.3, 1

ТЕР: Эритема (ж.)

ОПР: Покраснение кожи и загар вследствие воздействия ультрафиолетовых лучей

ИСТ: Айзенберг, 736

TER: Lichtstrom (m.)

DEF: Größe, die die Eigenschaft eines Strahlungsflusses, einen Lichteindruck hervorzurufen, wiedergibt. Die Bewertung des Lichteindrucks geschieht nach dem spektralen Hellempfindlichkeitsgrad.

QUE: CIE, 15/020

Einheit: Lumen (lm)

ТЕР: Световой поток (м.)

ОПР: Количественная характеристика лучистого потока, выражающая его способность производить световое ощущение, оцениваемое по относительной шкале видности.

ИСТ: CIE, II/020

Единица измерения: люмен (лм)

TER: Lichtmenge (f.)

DEF: Produkt aus Lichtstrom und seiner Dauer.

QUE: CIE, 15/035

Einheit: Lumen/Sekunde (lm/s)

ТЕР: Световая энергия (ж.)

ОПР: Произведение светового потока на время его действия.

ИСТ: CIE, 15/035

Единица измерения: люмен в секунду, люмен-секунда (лм/с)

TER: Strahldichte (f.)

DEF: Quotient aus der Strahlstärke in einer gegebenen Richtung eines infinitesimalen, den betrachteten Punkt enthaltenden Flächenelementes und der Projektion des Flächenelementes auf eine Ebene senkrecht zur betrachteten Richtung.

QUE: CIE, 15/155

ТЕР: Лучистость (ж.)

ОПР: Отношение силы излучения в данном направлении бесконечно малого элемента поверхности, заключающего эту точку, к площади ортогональной проекции этого элемента на плоскость, перпендикулярную к данному направлению.

СИН: Энергетическая яркость (ж.)

ИСТ: CIE, 15/155

TER: Bestrahlungsstärke (f.)

DEF: Quotient aus dem Strahlungsfluss, den ein infinitesimales, den betrachteten Punkt enthaltendes Flächenelement empfängt, und der Fläche dieses Elementes.

QUE: CIE, 15/160

ТЕР: Облученность (в точке поверхности) (ж.)

ОПР: Отношение лучистого потока, воспринятого бесконечно малым элементом поверхности, заключающим эту точку, к площади элемента.

ИСТ: CIE, 15/160

СИН: Энергетическая освещенность (ж.)

TER: Lichtstärke (f.)

DEF: Quotient aus dem von einer Lichtquelle oder einem Element dieser Lichtquelle in einen Kegel infinitesimaler Öffnung um die betrachtete Richtung gestrahlten Lichtstrom und dem Raumwinkel, den der Kegel darstellt.

QUE: CIE, 15/065

Einheit: Candela (cd)

ТЕР: Сила света (ж.)

ОПР: Отношение светового потока, испускаемого источником света или элементом источника света внутри бесконечно малого конуса, ось которого совпадает с данным направлением, к пространственному углу этого конуса.

ИСТ: CIE, 15/065

Единица измерения: кандела (кд).

TER: Leuchtdichte (f.)

DEF: Quotient aus der Lichtstärke in einer gegebenen Richtung eines infinitesimalen, den betrachteten Punkt enthaltenden Flächenelementes und der Projektion des Flächenelementes auf eine Ebene senkrecht zur betrachteten Richtung.

QUE: 15/085

Einheit: Candela/m² (cd/m²)

ТЕР: Яркость (ж.)

ОПР: Отношение силы света в данном направлении бесконечно малого элемента поверхности, заключающего эту точку, к площади ортогональной проекции этого элемента на плоскость, перпендикулярную к данному направлению.

ИСТ: CIE, 15/085

Единица измерения: кандела с квадратного метра (кд/м²)

TER: Beleuchtungsstärke (f.)

DEF: Quotient aus dem Lichtstrom, den ein infinitesimales, den betrachteten Punkt enthaltendes Flächenelement empfängt, und der Fläche dieses Elementes.

QUE: CIE, 15/095

Einheit: Lumen/m² (lm/m²)

ТЕР: Освещенность (ж.)

ОПР: Отношение светового потока, воспринятого бесконечно малым элементом поверхности, заключающим данную точку, к площади этого элемента.

ИСТ: CIE, 15/095

Единица измерения: люмен на квадратный метр (лм/м²)

TER: Belichtung (f.)

DEF: Produkt aus Beleuchtungsstärke und ihrer Dauer.

QUE: CIE, 15/110

Einheit: Luxsekunde (lxs)

ТЕР: Количество освещения (ср.)

ОПР: Произведение освещенности на время ее действия.

ИСТ: CIE, 15/110

Единица измерения: люксосекунда (лкс)

TER: Optischer Nutzeffekt einer Strahlung (m.)

DEF: Quotient aus dem im sichtbaren Gebiet ausgesandten Strahlungsfluss und dem gesamten Strahlungsfluss.

QUE: CIE, 15/055

ТЕР: Оптический КПД излучения (м.)

ОПР: Отношение лучистого потока, излучённого в пределах видимой области спектра, к полному лучистому потоку.

ИСТ: CIE, 15/055

ТЕР: Lichtausbeute (einer Lichtquelle)

DEF: Quotient aus dem abgegebenen Gesamtlichtstrom und der aufgewendeten Leistung.

QUE: CIE, 15/060

ТЕР: Световая отдача (источника света) (м.)

ОПР: Отношение полного светового потока, излучённого источником света, к его полной мощности.

ИСТ: CIE, 15/060

ТЕР: Absorption (f.)

DEF: Umwandlung von Strahlungsenergie in eine andere Energieform bei Wechselwirkung mit Materie.

QUE: CIE, 070

ТЕР: Поглощение (ср.)

ОПР: Преобразование лучистой энергии одного вида в другой в результате взаимодействия её с веществом.

ИСТ: CIE, 20/070

ТЕР: Absorptionsgrad (m.)

DEF: Das Verhältnis des von einem Material absorbierten Lichtstroms zum auftretenden Lichtstrom.

QUE: Müller, 44

ТЕР: Коэффициент поглощения (м.)

ОПР: Величина, характеризующая способность среды или тела задерживать попавшее в них излучение, равная отношению потока излучения, поглощенного средой (телом), к потоку излучения, упавшему на данную среду (тело).

ИСТ: Терпигорев, 22

TER: Transmission (f.)

DEF: Durchgang von Strahlung durch ein Medium ohne Änderung der Frequenz in den monochromatischen Strahlungsanteilen.

QUE: CIE, 20/065

SYN: Durchlassung (f.)

ТЕР: Пропускание (ср.)

ОПР: Прохождение излучения сквозь среду без изменения частоты его монохроматических составляющих.

ИСТ: CIE, 20/065

TER: Transmissionsgrad (m.)

DEF: Das Verhältnis des von einem Material durchgelassenen Lichtstroms zum antreffenden Lichtstrom.

QUE: Müller, 43

ТЕР: Коэффициент пропускания (м.)

ОПР: Величина, характеризующая прозрачность среды или тела по отношению к падающему на них излучению, равная отношению потока излучения, прошедшего через данную среду (тело), к потоку излучения, упавшего на данную среду (тело).

ИСТ: Терпигорев, 22

TER: Reflexion (f.)

DEF: Zurückwerfung einer Strahlung an einer Fläche ohne Änderung der Frequenz in den monochromatischen Strahlungsanteilen.

QUE: CIE, 20/060

ТЕР: Отражение (ср.)

ОПР: Возвращение излучения поверхностью без изменения частоты его монохроматических составляющих.

ИСТ: CIE, 20/060

ТЕР: Reflexionsgrad (m.)

DEF: Verhältnis des vom Körper zurückgeworfenen Lichtstromes zum ausgestrahlten Lichtstrom.

QUE: CIE, 20/065

ТЕР: Коэффициент отражения (м.)

ОПР: Величина, характеризующая свойства поверхностей среды или тела по отношению к падающему на них излучению, равная отношению потока отраженного излучения к потоку упавшего на поверхность излучения.

ИСТ: Терпигорев, 21

ТЕР: Lichtstärkeverteilungskurve (f.)

DEF: Polardiagramm, das die Lichtstärke einer Lichtquelle in Abhängigkeit von einem Abstrahlwinkel angibt.

QUE: Müller, 102

ТЕР: Кривая силы света (ж.)

ОПР: Кривая зависимости силы света светового прибора (СП) от меридиональных и экваториальных углов, получаемая сечением фотометрического тела СП плоскостями.

ИСТ: Айзенберг. 249

4 Lichtquellen

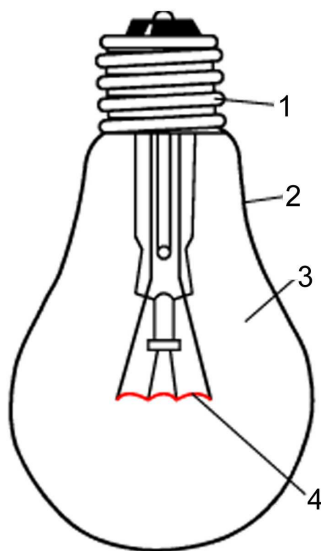
Die für Beleuchtungszwecke gebräuchlichsten Lampen lassen sich nach dem Lichterzeugungsprinzip in Temperaturstrahler, Entladungslampen und Elektrolumineszenzstrahler unterteilen.

4.1 Temperaturstrahler

Zur Gruppe der Temperaturstrahler, oder Festkörperlampen, gehören Glühlampen und Halogenglühlampen. Alle Arten von Temperaturstrahlern strahlen bis zu 90% der Wellenlängen im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen, der vom Menschen als Wärme empfunden wird. Nur 10% der Strahlung liegt im sichtbaren Bereich des Spektrums. Daraus resultiert niedrige Lichtausbeute der Temperaturstrahler.

4.1.1 Glühlampen

Abbildung 5: Aufbau einer Glühlampe



In Glühlampen wird das Licht von einem Glühfaden erzeugt, der in den meisten Fällen aus Wolfram besteht. Durch den Glühfaden in Form einer Wendel wird ein Strom geschickt, der den Glühfaden erhitzt. Mit zunehmender Temperatur des Wolframdrahtes nimmt der Strahlungsanteil im sichtbaren Spektralbereich und demzufolge die Lichtausbeute zu.

1 = Sockel, цоколь
2 = Kolben, цоколь

3 = Füllgas, наполняющий газ
4 = Wendel, тело накала

Quelle: Schenke, 35

Glühlampen haben eine Lichtausbeute von 20 bis 25 lm/W und üblicherweise eine Farbtemperatur von 3.200 K mit einer Glühwendeltemperatur von 2.927°C. Der Farbtemperatur ist durch den Schmelzpunkt von Wolfram bei 3.410°C Grenzen gesetzt. Glühlampen mit einer Farbtemperatur von 3.200 K haben eine Lebensdauer von ca. 1.000 bis 2.000 Betriebsstunden. Die Lebensdauer von Glühlampen mit höheren Farbtemperaturen, z. B. 3.400 K, ist durch den Betrieb in der Nähe des Schmelzpunktes des Glühfadens wesentlich geringer, ca. 20 Stunden. (Müller, 137)

Um eine größere Leuchtdichte der Lichtquelle zu erreichen, wird durch Wendelung des Glühfadens der Leuchtkörper verkleinert. Je kleiner der Leuchtkörper ist, desto besser kann das emittierte Licht über Reflektoren oder Linsen in gewünschte Richtung gelenkt werden. (Müller, 137)

Abbildung 6: Formen von Glühlampen für 230 V



- a = Reflektor R50 E40, с отражательным слоем
- b = Reflektor R63 E27, с отражательным слоем
- c = Tropfenform E14, с каплеобразной колбой
- d = Kerzenform E14, со свечеобразной колбой
- e = Pilzform E27, с грибообразной колбой
- f = Normallampe E27, обычная лампа

Quelle: Schenke, 38

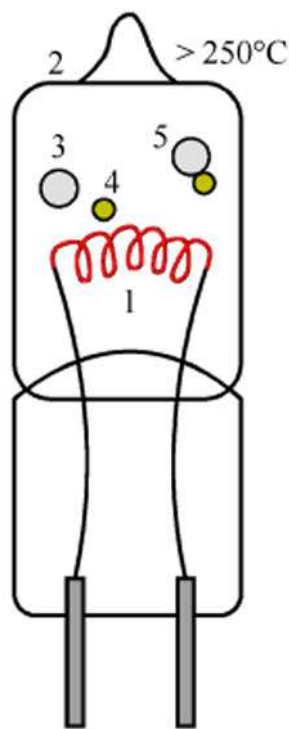
Glühwendel ist in einem mit Gas gefüllten Glaskolben untergebracht. Das Gas verhindert die Oxidation und damit eine Schwärzung des Glaskolbens durch Wolframpartikel, die bei hohen Temperaturen von der Glühwendel verdampfen. Die Betriebstemperatur bestimmt die Lebensdauer der Glühlampe, da bei hohen

Temperaturen mehr Wolframpartikel verdampfen als bei niedrigen. Erreich der Glühfaden das Ende seiner Lebensdauer, ist an einigen Stellen durch den Verdampfungsprozess so dünn, dass er bei den mechanischen Belastungen des Betriebs reißt.

Je nach Art der Gasfüllung unterscheidet man zwischen Allgebrauchslampen (Haushaltslampen) und Halogen-Glühlampen. Allgebrauchslampen sind üblicherweise mit einem Argon-Stickstoff-Gemisch gefüllt. (Müller, 137 f)

4.1.2 Halogenglühlampen

Abbildung 7: Wolfram-Jod-Kreisprozess



Die Gasfüllung von Halogen-Glühlampen besteht aus Halogenverbindungen (Brom, Jod, Fluor), mit denen eine höhere Lichtausbeute und eine verlängerte Lebensdauer erzielt werden. Durch die Halogenverbindungen entsteht der sogenannte Halogenkreisprozess, mit dem während der gesamten Lebensdauer der Glühlampe ein konstanter Lichtstrom und eine konstante Farbtemperatur erreicht werden können. Die von der Glühwendel verdampften Wolframpartikel verbinden sich bei Temperaturen um 1.400° C mit Halogenpartikeln. Durch Konvektion gelangen diese Verbindungen wieder in die Nähe der Glühwendel, wo sie wegen der dort vorherrschenden hohen Temperaturen (>1.400° C) in ihre Bestandteile zerfallen.

1 = Wolframwendel

2 = Quarzkolben, кварцевая колба

3 = Jodatom, атом йода

4 = Wolframatom, атом вольфрама

5 = Wolframhalogenid, галогенидон вольфрама

Quelle: Schenke, 38

Die Wolframpartikel schlagen sich auf der Glühwendel nieder, das Halogen wird für einen neuen Kreisprozess frei. Bei diesem Kreisprozess schlagen sich die Wolframpartikel jedoch nicht gleichmäßig auf der Glühwendel nieder, sondern la-

gern sich so ab, dass die Glühwendel im Laufe der Zeit aus dicken und dünnen Zonen besteht. Wird die Glühwendel an einer Stelle zu dünn, bricht sie unter der Betriebsbelastung.

Der Glaskolben von Halogen-Glühlampen besteht entweder aus Hart- oder Quarzglas. Die Wände von Quarzglaskolben sind sehr dick und besitzen einen hohen Schmelzpunkt, wodurch auch bei hohen Temperaturen kleine Kolbenvolumina mit einem hohen internen Druck erreicht werden können. Glaskolben aus Hartglas sind wesentlich dünner und haben ein größeres Volumen mit einem geringeren internen Druck. „Die Lebensdauer von Quarz-Glühlampen ist doppelt so groß wie die von Hartglas-Glühlampen, sie sind jedoch auch doppelt so teuer.“ (Müller, 138)

Abbildung 8: Verschiedene Typen von Halogenglühlampen



a = röhrenförmige Niedervoltlampe, 2-цокольная трубчатая ГЛН на низкое напряжение

b = kerzenförmige Hochvoltlampe, свечеобразная ГЛН на высокое напряжение

c = kerzenförmige Lampe mit Sockel B15, свечеобразная ГЛН с цоколем B15

d = Stiftsockellampe Kleinform, миниатюрная ГЛН с двухштифтовым цоколем

e = Kaltlichtspiegellampe, зеркальная ГЛН с внешним дихроичным стеклянным отражателем

f = Reflektorlampe mit Sockel E27, зеркальная ГЛН с цоколем E27

g = Reflektorlampe mit Sockel B15, зеркальная ГЛН с цоколем B15

Quelle: Zumtobel

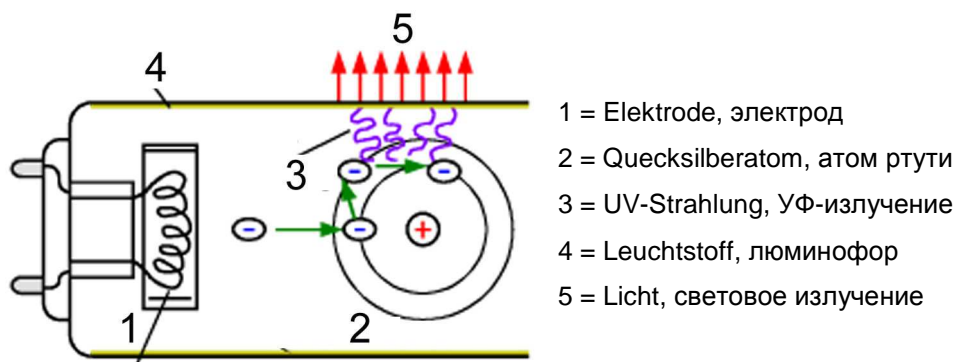
Halogen-Glühlampen sind für spezifische Betriebsspannungen konstruiert. Man unterscheidet zwischen Netzspannungs- und Niedervoltlampen. „Der Hersteller legt dabei die Betriebsspannung, Farbtemperatur, Lebensdauer und Leistung fest. Wird einer dieser Parameter beim Betrieb verändert, ändern sich alle ande-

ren Parameter entsprechend, da sie voneinander abhängig sind.“ (Handbuch für Beleuchtung, 1 – 6.2, 10)

4.2 Gasentladungslampen

„Bei Gasentladungslampen wird ein Gasgemisch durch einen Stromfluss zum Leuchten angeregt.“ (Müller, 140) Das Gasgemisch befindet sich in einem Glaskolben, in dem zwei Elektroden eingebracht sind. Das Gemisch besteht in den meisten Fällen aus einer Mischung verschiedener Gase, Quecksilber, Natrium, Halogenverbindungen und den sogenannten seltenen Erden, einer Sondergruppe der Metalle. Insgesamt gibt es über 40 Elemente, die in Gasentladungslampen eingesetzt werden, wobei jeder Leuchtmittelhersteller ein eigenes Gemisch verwendet und eine dementsprechend eigene Referenzbezeichnung vergibt. Gasentladungslampen ähnlichen Typs von verschiedenen Herstellern haben jedoch in den meisten Fällen gleiche Eigenschaften. (Handbuch für Beleuchtung, 1 – 6.2, 14)

Abbildung 9: Lichterzeugung in einer Gasentladungslampe



Quelle: Schenke, 40

Die elektrische Energie des Stromflusses regt die Elemente im Gemisch an, so dass sie Licht in bestimmten Wellenlängenbereichen abgeben. Natrium emittiert hauptsächlich gelbes Licht, Quecksilber blau-gelbes Licht und einen großen Anteil kurzwelliger UV-Strahlung außerhalb des sichtbaren Spektrums. Thallium emittiert grünes Licht.

Wegen diesen Strahlungseigenschaften der verwendeten Elemente besteht das Spektrum einer Gasentladungslampe aus verschiedenen Einzelfarben, die im Spektrum nicht kontinuierlich verteilt sind. Dieses diskontinuierliche Spektrum wird auch als Linienspektrum bezeichnet. Die Festlegung der Farbtemperatur erfolgt über die Auswahl der entsprechenden Einzelbestandteile und deren Mengen im Gasgemisch. Der Farbwiedergabeindex R_a einer Gasentladungslampe ist umso besser, je mehr Einzellinien im Linienspektrum vorhanden sind.

„Die Lebensdauer einer Entladungslampe hängt von der Strombelastung, der Brennzeit und der Schalthäufigkeit ab. Lebensdauerangaben des Herstellers beziehen sich jeweils auf feste Betriebsbedingungen, die in der Praxis nicht immer gegeben sind.“ (Müller, 140)

Gasentladungslampen benötigen für den Betrieb ein Vorschaltgerät zur Strombegrenzung. Dieses ist notwendig, da alle Gasentladungslampen eine negative Widerstandskennlinie besitzen, d. h. beim Ansteigen des Stroms sinkt der Widerstand der Gasfüllung im Glaszylinder. Ohne eine Strombegrenzung wird der durch die Gasfüllung fließende Strom immer größer, bis schließlich die Lampe zerstört ist.

4.2.1 Niederdrucklampen

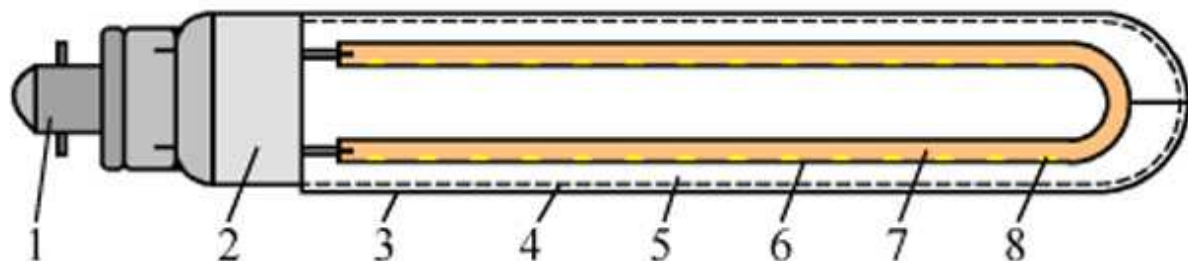
„Bei Niederdrucklampen ist der Abstand zwischen den Elektroden in der Regel groß. Leuchtmittel dieses Typs haben einen geringen Innendruck und sind meistens stabförmig ausgeführt.“ (Müller, 141) Die größte Gruppe der Niederdrucklampen bilden die Leuchtstofflampen. Bei Niederdrucklampen wird durch einen elektrischen Strom das Gasgemisch zwischen den beiden Elektroden gleichmäßig zum Leuchten angeregt.

4.2.1.1 Natriumdampf-Niederdrucklampen

Natriumdampf-Niederdrucklampen haben mit bis zu 200 lm/W die höchste Lichtausbeute aller Lampen, was aus dem monochromatisch gelben Licht mit der Wellenlänge von 589 nm, also in der Nähe der maximalen Hellempfindung, resultiert. Eine Farbwiedergabe ist jedoch nicht möglich, da die Lampen nur monochromatisch gelbes Licht ausstrahlen. Alle farbigen Gegenstände erscheinen in verschiedenen Gelbstufen. (Müller, 142)

Die Lampe besteht aus einem U-förmigen Brenner aus natriumsfesten Spezialglas, in dem sich das zur Lichterzeugung verwendete Natrium sowie eine Gasfüllung, vorwiegend Neon, befinden. Um die erforderlich hohe Temperatur von 300°C zu erreichen, ist eine sehr gute Wärmeisolation notwendig. Deshalb ist der Außenkolben hoch evakuiert und auf der Innenseite mit einer wärmereflektierenden Schicht versehen. Der Getter fängt auch letzte Spuren von Gasen ein und stellt so das Hochvakuum sicher.

Abbildung 10: Aufbau einer Natriumdampf-Niederdrucklampe



1 = Sockel, цоколь

2 = Getter, экран

3 = Außenkolben, внешняя колба

4 = Infrarotreflektor, ИР-отражатель

5 = Vakuum, вакуум

6 = Entladungsgefäß, разрядная трубка

7 = Gasfüllung (Neon), люминофор (неон)

8 = Natrium, натрий

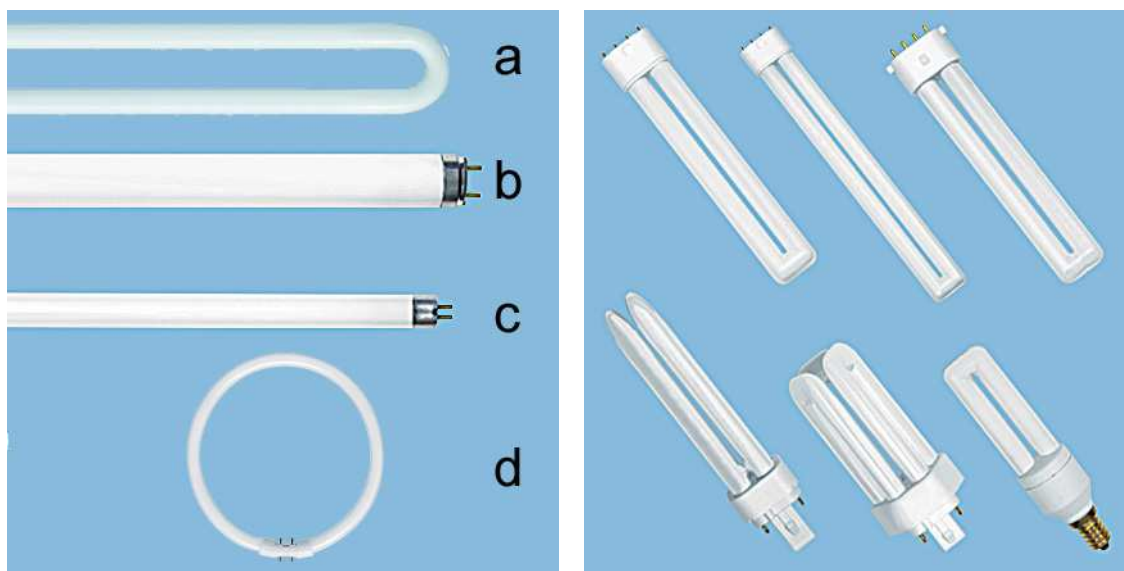
Quelle: Schenke, 49

4.2.1.2 Leuchtstofflampen

Leuchtstofflampen gehören zur Gruppe der Langbogenlampen und bestehen aus einem Silikatglaszylinder, der unter einem niedrigen Druck mit Quecksilberdampf gefüllt ist. Dem Quecksilberdampf werden zur Verbesserung der Zünd-eigenschaften geringe Menge von Argon und Neon zugesetzt. An den jeweiligen

Enden des Glaszylinders befinden sich Elektroden aus einem Wolframdraht. Im Betriebszustand fließt zwischen den beiden Elektroden ein Strom, der den Quecksilberdampf zum Emittieren einer Strahlung anregt. Die spektralen Anteile des entstehenden Linienspektrums befinden sich zu einem großen Teil im kurzwelligen UV-Bereich (254 nm) des elektromagnetischen Spektrums. Eine auf der Innenwand des Glaszylinders aufgetragene Leuchtschicht aus verschiedenen Metallsalzen verschiebt das kurzwellige Linienspektrum aus dem UV-Bereich in den sichtbaren Bereich. Durch verschiedene Mischungsverhältnisse der Leuchtschichtbestandteile lassen sich unterschiedliche Lichtfarben realisieren. (Müller, 142 f, Handbuch für Beleuchtung I – 6.4, 1)

Abbildung 11: Verschiedene Formen von Leuchtstofflampen



a = U-förmig, U-образная ЛЛ

b = stabförmig T26, трубчатая ЛЛ 26 мм (T16)

c = stabförmig T16, трубчатая ЛЛ 16 мм (T5)

d = ringförmig, кольцевая ЛЛ

Kompaktleuchtstofflampen = Компактные ЛЛ

Quelle: Zumtobel

Der Druck und die optimalen Betriebsbedingungen des Quecksilberdampfes im Glaszylinder hängen entscheidend von der Umgebungstemperatur ab. Die beste Lichtausbeute wird bei der Temperatur zwischen 20 und 25° C erreicht. Die insgesamt von einer Leuchtstofflampe aufgenommene elektrische Leistung wird

nur zu ungefähr 25% in Licht umgewandelt. Die restlichen 75% sind Abfallprodukte in Form von Wärme (Infrarotstrahlung). (Müller, 142 f)

Leuchtstofflampen gibt es in verschiedenen Formen, Leistungsstufen und Lichtfarben. Grundsätzlich wird zwischen der Stabform, Ringform und U-Form unterschieden. Kompaktleuchtstofflampen sind modifizierte Niederdrucklampen mit zum Teil geringerer Lampenlänge und Leistung. „Sie sind in der Regel in einer normalen Glühlampenfassung (E40) ausgerüstet und haben gegenüber Glühlampen eine um bis zu achtfach erhöhte Lebensdauer. Ebenso liefern sie den Strom, der siebenmal so groß ist wie bei vergleichbaren Glühlampen.“ (Müller, 143)

Um den ersten Anfangswiderstand der Gasfüllung zu überwinden, ist ein Starter notwendig. Der Starter besteht aus einem Bimetallschalter, der sich beim Einschalten der Spannung schließt und die Lampenelektroden vorheizt.

4.2.2 Hochdrucklampen

„Bei Hochdrucklampen steht das Gasgemisch im Glaskolben unter Hochdruck. Beim Anlegen einer Spannung entsteht durch einen Stromschluss zwischen den Elektroden ein Leuchtbogen.“ (Müller, 144) Je nach Abstand der Elektroden voneinander wird zwischen Kurzbogen- und Mittelbogenlampe unterschieden. Bei Kurzbogenlampen ist der Abstand zwischen den Elektroden sehr klein, so dass die Lichtquelle annähernd Punktform hat und eine große Leuchtdichte entsteht.

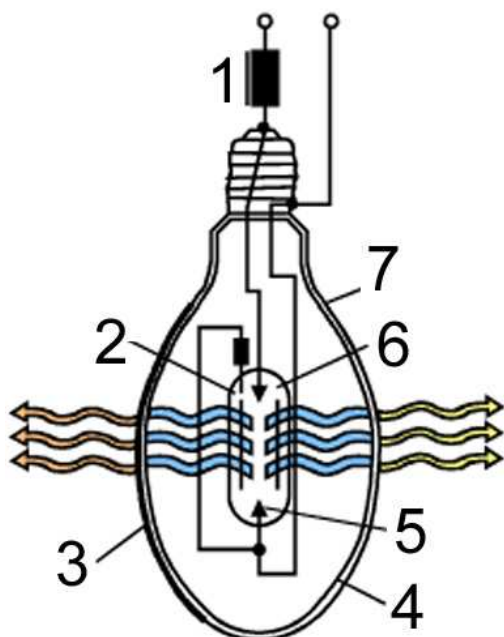


Abbildung 12: Aufbau einer Quecksilberdampf-Hochdrucklampe

- 1 = Drossel, дроссель
- 2 = Hilfselektrode, электрод
- 3 = Filterschicht, диффузно отражающее покрытие
- 4 = Leuchtstoff, люминофор
- 5 = Elektrode für die Hauptentladung, электрод
- 6 = Entladungsrohr, разрядная трубка
- 7 = Glaskolben, наружная колба

Quelle: Schenke, 51

Der Elektrodenabstand der Mittelbogenlampe ist etwas größer. Es entsteht ein ellipsenförmiger Lichtbogen mit einer geringeren Leuchtdichte. Die Farbtemperatur kann bei der Mittelbogenlampe auf der Länge des Leuchtbogens variieren. Scheinwerferhersteller bevorzugen Leuchtmittel mit annähernd punktförmiger Lichtquelle, da diese bessere Voraussetzungen für die Konstruktion von effektiven optischen Systemen liefern.

Abbildung 13: Quecksilberdampf-Hochdrucklampen



Um den Leuchtbogen einer Hochdrucklampe zu zünden, wird mit einem Zünder eine Hochspannung (ca. 2.000 bis 10.000 V) an die Elektroden gelegt. Mit Hilfe der Hochspannung wird der Widerstand der Gasfüllung überwunden und ein Stromfluss hergestellt, der den Leuchtbogen etabliert. Ist der erste Widerstand überwunden, regelt ein Vorschaltgerät den weiteren Stromfluss. Die Zündzeit

liegt üblicherweise zwischen 0,5 und 3 Sekunden

Quelle: Zumtobel

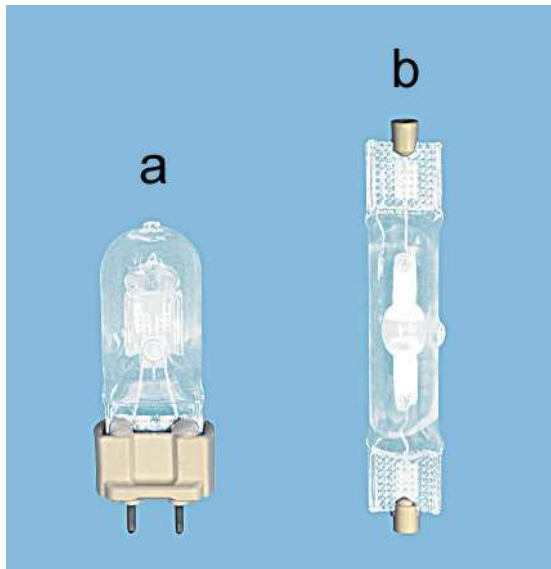
Hochdrucklampen liefern während ihrer gesamten Lebensdauer einen relativ konstanten Lichtstrom mit einer Effizienz von ungefähr 95 lml/W. Im Vergleich mit Glühlampen ist die Lichtausbeute pro Watt also wesentlich besser. Dabei darf jedoch nicht der Leistungsverlust durch das notwendige Vorschaltgerät verschwiegen werden.

Zu den Hochdrucklampen zählen:

- Quecksilberdampf-Hochdrucklampen (HQL, HPL)
- Natriumdampf-Hochdrucklampe (SON, NNAV)
- Hochdruck(Halogen)-Metall dampflampe (HMI, MSR)
- Natrium-Hochdrucklampen

Xenon-Hochdrucklampen (XBO, EMI) gehören zu der Gruppe Höchstdrucklampen und haben teilweise andere Konstruktionsmerkmale und Eigenschaften als Hochdrucklampen. (Müller, 145 f)

Abbildung 14: Formen von Quecksilberdampf-Hochdrucklampen



a = einseitig gesockelte röhrenförmige Lampe, 1-цокольная МГЛ

b = zweiseitig gesockelte Lampe mit klarem Außenkolben, 2-цокольная МГЛ в прозрачной внешней оболочке

Quelle: Zumtobel

Tabelle 9: Leistungsvergleich verschiedener Hochdrucklampen

	Quecksilberdampf-Hochdrucklampe	Natriumdampf-Hochdrucklampe	Halogen-Metall dampflampe
Lichtfarbe	weiß	goldgelb	tageslichtweiß
Farbwiedergabe	40 bis 50	40 bis 50	bis 90
Leuchtdichte [cd/m^2]	15	650	15.000
Lichtausbeute [lm/W]	60	100	90
Lebensdauer [h]	9.000	9.000	6.000

Quelle: Müller, 146

4.3 Lampenbezeichnungssysteme in Europa

4.3.1 LBS

Die Bezeichnung der Lampentypen erfolgt in Deutschland, Österreich, der Schweiz und den Niederlanden nach einem von ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.) entwickelten zweisprachigen deutsch-englischen Lampenbezeichnungssystem (LBS). ZVEI war bestrebt, für seine Mitglieder aus der deutschsprachigen Leuchtenindustrie ein einfaches, herstellernabhängiges Bezeichnungssystem für Lampen zu schaffen. Unter Verzicht auf die Herstellerbezeichnungen sollte es möglich werden, alle Lampentypen der Allgemeinbeleuchtung allgemein zu bezeichnen und auch exakt zu spezifizieren.

Das Bezeichnungssystem ist lückenlos dokumentiert und wird laufend aktualisiert. Neben einem Teil, in welchem der modulare Aufbau der Bezeichnungen beschrieben ist, besteht das Dokument des LBS aus einer umfangreichen Beispielsammlung. Diese Sammlung macht es möglich, dass sich die systemkonforme Bezeichnung für alle relevanten Lampen schnell finden lassen. Nicht gelistete Lampentypen kann man sich einfach selber herleiten.

4.3.2 ILCOS

Zusätzlich wurde von der Internationalen Beleuchtungskommission (CIE) ein internationales Bezeichnungssystem definiert und als DIN 49805 "Internationales Lampenbezeichnungssystem ILCOS" (IEC 1231/ International Lamp Coding System) herausgebracht.⁸ Dieses Bezeichnungssystem hat den Charakter einer Empfehlung und wird von den führenden Lampenherstellern wenig verwendet. Vielmehr haben die Lampenhersteller das Ziel, einen internationalen Konsens bei technischen Themen zu schaffen, ohne dabei zu sehr ins Detail zu gehen. Sie sollen die Austauschbarkeit von technischen Produkten unter dem Aspekt der Kom-

⁸ In Russland gibt es zwar ein eigenes nationales Lampenbezeichnungssystem mit kyrillischen Symbolen, doch dieses ist ähnlich wie LBS und ILCOS aufgebaut. Die kombinierte LBS-ILCOS-Nomenklatur mit russischen Bezeichnungsäquivalenten ist im Anhang 6.1 zu finden.

patibilität zu erleichtern. (E-Learning-Modul „Lampenbezeichnungssysteme“, Zumtobel, 2008)

4.4 Leuchtmittelsockel

Das Leuchtmittel wird mit einem Lampensockel in einer Fassung befestigt. Je nach Ausführung des Sockels können so beliebige Brennlagen erzielt werden. Über den Sockel werden der Glühfaden oder die Elektroden mit elektrischem Strom versorgt. „Die Schnittstelle zwischen Lampensockel und Glaskolben muss über die gesamte Lebensdauer des Leuchtmittels gasdicht bleiben. Um dies zu erreichen, werden die eingesetzten Materialien für die Stromführung angepasst. Ebenso ist der Übergang des Glaskolbens zum Lampensockel empfindlich gegenüber mechanischen Einflüssen wie Schlägen oder Erschütterungen.“ (Müller, 155)

4.4.1 Einseitige Sockel

Leuchtmittel mit einseitiger Sockel sind heute am weitesten verbreitet und werden in großer Typen- und Leistungsvielfalt hergestellt.

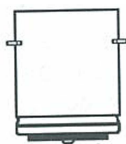
Tabelle 10: Einseitige Sockel

Schraubsockel
(Edison-Sockel)
Резьбовой
патрон



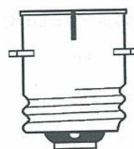
Meist für Glühlampen und Kompaktleuchtstofflampen

Bajonettsockel
Патрон с
байонетным
креплением ламп



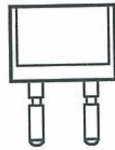
Für Klein- und Zwecklampen

Prefocussockel
Патрон с
цапфами или
защелками



Für Halogenleuchtstofflampen

Stiftsockel
Двухштифтовой
патрон



Meist für Leuchtstofflampen

Kabelsockel
Кабельный
патрон



Sowohl für einseitig als auch für zweiseitig gesockelte Leuchtmittel

Quelle: Müller, 155-156

4.4.2 Zweiseitige Sockel

Zweiseitige Sockel werden für röhrenförmige Leuchtmittel eingesetzt. Dazu zählen z. B. alle Leuchtstoffröhren oder Halogen-Strahlampen. Bei höheren Leistungsstufen werden ebenfalls Kabelsockel verwendet. Hauptsächlich werden jedoch Klemmsockel genutzt. „Das Leuchtmittel wird mit dem Klemmsockel in die Fassung eingeklemmt oder eingeschraubt, wobei diese Verbindung gleichzeitig den elektrischen Kontakt herstellt. Klemmsockel werden bis zu einer Leistungsstufe von 4.000 W verwendet.“ (Müller, 156)

4.4.3 Glassockel

Die Halterung und Kontaktierung des Leuchtmittels erfolgt direkt an den Anschluss-Stiften der eingequetschten Stromzuführung, wobei Stiftdurchmesser von 0,7 bis 1 mm üblich sind. Wegen des geringen Durchmessers der Stifte werden Glassockel nur für Festkörperlampen mit kleinen Spannungen und Leistungen verwendet. (Müller, 156)

4.4.4 Keramiksockel

Keramiksockel werden sehr häufig für Leuchtmitteltypen bis zu mittleren Leistungsklasse verwendet. Das Lampenglas wird in einen Keramiktrög eingekittet, wobei die Anschlüsse der Glühwendel oder Elektroden mit den Anschluss-Stiften des Sockels verbunden werden. Keramiksockel sorgen für eine bessere

Handhabung und Fixierung des Leuchtmittels in einer Lampenfassung. (Müller, 156)

4.4.5 Metallsockel

Metallsockel werden sehr vielseitig für die verschiedensten Leuchtmitteltypen und Leistungsklassen eingesetzt. Der Metallsockel wird dabei entweder an den Glaskolben gepresst oder mit dem Glaskolben verschmolzen, wobei die elektrischen Anschlüsse des Glaskolbens mit den entsprechenden Anschlüssen des Sockels verbunden werden. Bei größeren Leistungsstufen erfolgt die Stromzuführung über zwei isolierte ausgeführte Leitungen. (Müller, 156)

4.5 Terminologie

TER: Lichtquelle (f.)

DEF: Lichtquelle, die aufgrund einer Energieumwandlung Licht ausstrahlt.

QUE: CIE, 35/005

SYN: Selbstleuchter (m.)

SYN: Primärlichtquelle (f.)

ТЕР: Источник света, ИС (м.)

СИН: Источник оптического излучения, ОИ (более строго научный термин)

ОПР: Устройство, предназначенное для превращения какого-либо вида энергии в ОИ.

ИСТ: Айзенберг, стр. 89

TER: Lampe (f.)

DEF: Technische Ausführungsform von künstlichen Lichtquellen.

QUE: CIE, 35/115

ТЕР: Лампа (ж.)

ОПР: Искусственный источник, предназначенный для производства света.

ИСТ: CIE, 35/115

ТЕР: Тепловое излучение (ср.)

ОПР: Оптическое излучение, возникающее при нагревании тел.

ИСТ: Айзенберг, стр. 89

TER: Lumineszenz (f.)

DEF: Vorgang der Aussendung elektromagnetischer Strahlung durch Materie, wenn die Strahlstärke für gewisse Wellenlängen oder kleine Spektralbereiche höher ist als die der Temperaturstrahlung bei gleicher Temperatur der Materie.

QUE: CIE, 35/040

ТЕР: Люминесценция (ж.)

ОПР: Процесс излучения веществом электромагнитной энергии, величина которой для определенных длин волн или для определенных участков спектра больше, чем для теплового излучения этого вещества при той же температуре.

ИСТ: CIE, 35/040

TER: Elektrolumineszenz (f.)

DEF: Lumineszenz von Gasen unter dem Einfluss einer elektrischen Entladung.

QUE: CIE, 35/050

ТЕР: Электролюминесценция (ж.)

ОПР: Люминесценция газа под действием электрического разряда.

ИСТ: CIE, 35/050

TER: Photolumineszenz (f.)

DEF: Lumineszenz aufgrund der Anregung von Atomen oder Molekülen durch Aufnahme von Photonen hinreichender Energie.

QUE: CIE, 35/055

ТЕР: Фотолюминесценция (ж.)

ОПР: Люминесценция, возникающая при возбуждении атомов или молекул вследствие поглощения фотонов соответствующей энергии.

ИСТ: CIE, 35/055

TER: Fluoreszenz (f.)

DEF: Lumineszenz mit verschwindend kleiner Abklingzeit (kleiner als etwa 10^{-8} s.).

QUE: CIE, 35/070

ТЕР: Флуоресценция (ж.)

ОПР: Люминесценция, которая продолжает существовать менее, чем в течение 10^{-8} секунды после прекращения возбуждения.

ИСТ: CIE, 35/070

ТЕР: Gasentladung (f.)

DEF: Durchgang von elektrischem Strom durch Gase und Dämpfe durch Erzeugung und Transport geladener Teilchen unter dem Einfluss einer angelegten Spannung. Die damit verbundene Abgabe elektromagnetischer Strahlung wird in fast allen Anwendungsgebieten ausgenutzt.

QUE: CIE, 35/085

ТЕР: Электрический разряд в газе (м.)

ОПР: Прохождение электрического тока через газы и пары посредством перемещения ионов под действием электрического потенциала. Это вызывает эмиссию электромагнитных излучений, действие которых является основой всех практических применений этого явления.

ИСТ: CIE, 35/085

ТЕР: Bogen-Entladung (f.)

DEF: Entladung, die durch einen im Verhältnis zur Glimmentladung geringen Kathodenfall gekennzeichnet ist. Die Elektronenemission an der Kathode hat verschiedene Ursachen, die zusammen oder einzeln wirken, und gegenüber der Sekundäremission stark überwiegen.

QUE: CIE, 35/085

ТЕР: Дуговой разряд (в газе) (м.)

ОПР: Разряд, характеризующийся катодным падением, которое мало по сравнению с катодным падением при тлеющем разряде. Электронная эмиссия катода происходит по разным причинам (термоэлектронная эмиссия, эмиссия от действия сильного поля и т. п.), действующим

одновременно или раздельно, причем вторичная эмиссия составляет лишь незначительную часть.

ИСТ: CIE, 35/085

TER: Glimmentladung (f.)

DEF: Selbständige Entladung, bei welcher die Sekundäremission gegenüber der thermischen Emission überwiegt, gekennzeichnet ferner durch beträchtlichen Spannungsabfall (70V und mehr) und geringe Stromdichte an der Kathode (Größenordnung mA/cm²).

QUE: CIE, 35/090

TER: Тлеющий разряд (м.)

ОПР: Самостоятельный разряд, характеризующийся вторичной эмиссией с катода, во много раз превосходящей термоэлектронную эмиссию, значительным катодным падением (70 в или более) и малой плотностью тока у катода (порядка нескольких ма/см²).

ИСТ: CIE, 35/090

TER: Glühlampe (f.)

DEF: Lampe, bei der das Licht von einem durch elektrischen Strom erhitzten Körper ausgestrahlt wird.

QUE: CIE, 35/005

TER: Лампа накаливания (ж.)

ОПР: Лампа, в которой испускание света производится телом, нагретым до накала проходящим через него электрическим током.

ИСТ: CIE, 35/005

TER: Gastenladungslampe (f.)

DEF: Lampe, deren Lumineszenz auf einer Entladung in Gasen beruht.

QUE: CIE, 40/095

ТЕР: Газоразрядная лампа (ж.)

ОПР: Люминесцентная лампа, которая излучает в результате люминесценции газа или паров металла под воздействием электрического разряда в них.

ИСТ: Терпигорев, 26

ТЕР: Niederdruck-Gasentladungslampe (f.)

DEF: Gasentladungslampen, in denen der Gasdruck, je nach Lampentyp, bei wenigen Millibar oder darunter liegt.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, I – 6.3, 1

ТЕР: Metaldampf Lampe (f.)

DEF: Entladungslampe, in der vorzugsweise Metaldämpfe Träger der Lichterzeugung sind.

QUE: CIE, 40/110

ТЕР: Паросветная лампа (ж.)

ОПР: Лампа с разрядом в парах металла. Газоразрядная лампа, в которой свет создается главным образом излучением металлических паров.

ИСТ: CIE, 40/110

ТЕР: Газоразрядная лампа низкого давления (ж.)

ОПР: Газоразрядная лампа, давление газа или паров металла в которой при ее горении менее 300 мм ртутного столба.

ИСТ: Терпигорев, 26

ТЕР: Hochdruck-Gasentladungslampe (f.)

DEF: Gasentladungslampen, in denen der Gasdruck mehrere bar beträgt.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, I – 6.3, 1

ТЕР: Газоразрядная лампа высокого давления (ж.)

ОПР: Газоразрядная лампа, давление газа или паров металла в которой составляет от 300 мм ртутного столба до 2 атмосфер при ее горении.

ИСТ: Терпигорев, 26

TER: Natriumdampf Lampe (f.)

DEF: Entladungslampe, deren Licht vorwiegend von der Erregung von Natriumdampf ausgeht.

QUE: CIE, 40/115

ТЕР: Натриевая лампа (ж.)

ОПР: Газоразрядная лампа, световой поток которой обуславливается главным образом излучением паров натрия.

ИСТ: CIE, 40/115

TER: Quecksilberdampf Lampe (f.)

DEF: Entladungslampe, deren Licht vorwiegend von der Erregung von Quecksilberdampf ausgeht.

QUE: CIE, 40/120

ТЕР: Ртутная лампа (ж.)

ОПР: Газоразрядная лампа, световой поток которой обуславливается главным образом излучением паров ртути.

ИСТ: CIE, 40/120

TER: Leuchtstoff Lampe (f.)

DEF: Entladungslampe, in der die ultraviolette Strahlung durch einen auf der Innenseite aufgetragenen fluoreszierenden Stoff in Licht umgewandelt wird.

QUE: CIE, 40/150

ТЕР: Люминесцентная лампа (ж.)

ОПР: Люминесцентная лампа, в которой световое излучение в основном испускает люминофор, возбуждаемый излучением, возникающим вследствие электрического разряда в газе или парах металла.

ИСТ: Терпигорев, 27

ТЕР: Jod-Wolfram-Kreisprozess (м.)

DEF: Stabilisierung der wolframhaltigen Atmosphäre in einer Halogenglühlampe durch die Zugabe von Jod- oder Bromverbindungen.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, 1 – 6.2, 10

ТЕР: Йодо-вольфрамовый возвратный цикл (м.)

ОПР: Образовании на стенке колбы летучих соединений — галогенидов вольфрама, которые испаряются со стенки, разлагаются на теле накала и возвращают ему, таким образом, испарившиеся атомы вольфрама.

ИСТ: Айзенберг, 107

ТЕР: Brennspannung (f.)

DEF: Spannung zwischen den Elektroden einer Gasentladungslampe im eingebrannten Zustand (bei Wechselspannung der Effektivwert).

QUE: CIE, 35/115

ТЕР: Рабочее напряжение (ср.)

ОПР: Напряжение между электродами газоразрядной лампы при установившемся режиме её работы (при эффективном значении напряжения в случае переменного тока).

ИСТ: CIE, 35/115

TER: Vorschaltgerät (n.)

DEF: Gerät, das in Verbindung mit dem Starter den zum Zünden einer Lampe erforderlichen Spannungsstoß gibt.

QUE: Baer, 205

TER: Пускорегулирующий аппарат (м.)

ОПР: Совокупность приборов, выполняющих зажигание и стабилизацию режима горения люминесцентной лампы.

ИСТ: Терпигорев, 27

СИН: ПРА (м.)

СИН: Балласт (м.)

TER: Starter (m.)

DEF: Gerät, das für eine ausreichende Vorheizung der Lampenelektroden und eine schnelle Erzeugung der Induktionsspannung in der Drossel sorgt.

QUE: Baer, 279

TER: Пускатель (м.)

ОПР: Реле, служащее для зажигания люминесцентной лампы.

ИСТ: Терпигорев, 27

СИН: Стартер (м.)

5 Leuchtdiode (LED)

Mit der Einführung der Hochleistungs-LED nach der Jahrtausendwende brachte den technologischen Durchbruch für die Leuchtdiode als vollwertige Lichtquelle in der funktionalen Beleuchtung. Seitdem sind LED-Technologien, Produkte und Anwendungen die derzeit am schnellsten wachsende Sparte in der Beleuchtungsindustrie. Treiber dieser Entwicklung innerhalb der professionellen Beleuchtung sind die immer höheren Lichtströme von LEDs und ihre verbesserte Qualität, insbesondere hinsichtlich Farbstabilität und Farbwiedergabe. Die LED-Technologie geht ganz klar in Richtung Beleuchtung und wird in Zukunft die Leuchtstoff- und Entladungslampen ersetzen können.

5.1 Geschichte von LED

Die ersten Forschungen, die später zur Entwicklung der LED führten, begann der britische Ingenieur Henry Joseph Round bereits 1907 im weltberühmten Marconi-Labor. Beim Experimentieren mit Siliziumkarbid (SiC) entdeckte er die Lichtemission von organischen Stoffen, sobald eine Stromspannung angelegt wird. Bereits H. J. Round erkannte, dass es sich um kaltes Licht handelte, denn die Emission erfolgte ohne erkennbare Erwärmung des SiC-Kristalls. Der Brite veröffentlichte seine Entdeckung in der Zeitschrift „Electrical World“, verfolgte sie aber nicht weiter, da er gerade an einem neuen Funkortungsverfahren für die Seeschifffahrt arbeitete.

Als eigentlicher Entdecker des Effekts gilt der russische Physiker Oleg Vladimirovich Losev, der den „Round-Effekt“ 1921 wieder entdeckte und von 1927 bis 1942 genauer untersuchte und beschrieb. 1935 wurde von G. Destriau an Zinksulfid (ZnS) ein ähnlicher Leuchteffekt beobachtet und von ihm als Losev-Licht bezeichnet.

Es dauerte lange, bis sich Losevs Beobachtung in das theoretische Schema des Festkörperlwissens einordnen ließ. Erst 1951 konnte die Lichtemission befriedigend erklärt werden. Hierzu war der ganze mit der Entdeckung und Entwicklung des Transistors eingeleitete wissenschaftliche Fortschritt in der Halbleiter-

physik notwendig. Nun setzte von 1952 bis 1961 zuerst die Erforschung und Weiterentwicklung des Destriau-Effektes ein, womit man unter Verwendung von ZnS-Pulverphosphoren flache Bildschirme erzielen wollte, um die Kathodenstrahlröhre zu ersetzen.

Während der entsprechende Erfolg mit ZnS ausblieb, brachten die 1952 als Halbleiter erkannten Verbindungen aus den Elementen der dritten und der fünften Hauptgruppe des Periodensystems, die sogen. III-V-Verbindungen, den erhofften Durchbruch. Diese Materialien entstehen aus den Elementhalbleitern, die mit drei- und fünfwertigen Elementen dotiert werden. Etwa 1957 begann man mit intensiven grundsätzlichen Untersuchungen der Lichterzeugung mit den neuen Halbleitern und mit der Entwicklung einer geeigneten Technologie zur Herstellung von Kristallen und Bauelementen. Von besonderer Bedeutung war die sichtbare Lichtemission auf der Basis eines direkten Mischkristalls aus Galliumarsenid (GaAs) und Galliumphosphid (GaP), die 1962 berichtet wurde. Mit dieser Arbeit kam nämlich endlich – 55 Jahre nach der ersten Entdeckung von H.J. Round – die LED-Entwicklung voll in Gang.

Seit dem Beginn des kommerziellen Einsatzes von LEDs in 1962 wurde ihre Lichtausbeute um ungefähr drei Größenordnungen von $< 0,1$ Lumen/Watt auf > 100 Lumen/Watt gesteigert. „Diese überwiegend in großen Sprüngen stattgefundenen Entwicklungsschritte beruhen sowohl auf der immer besseren Qualität der Halbleiterschichten als auch auf dem Einsatz von Halbleiterheterostrukturen, niederdimensionalen Strukturen, transparenten Substraten und der verbesserten Lichtauskopplung. Die effizientesten, weißen LEDs erreichen derzeit (Stand Juni 2009) im optimalen Fall eine Lichtausbeute bis zu 160 Lumen/Watt.“ (<http://www.info-led.de> 28.08.2009)

Heutzutage gibt es Leuchtdioden in nahezu allen Farben. Die ersten LEDs in den 1960er Jahren basierten auf Galliumarsenid und Aluminiumarsenid und hatten ein Farbspektrum von rot bis gelb. In den siebziger Jahren kamen dann auch grüne LEDs dazu und in den achtziger- und neunziger Jahren von grün über blau bis UV. Die Suche nach Halbleitern in kurzwelligen Bereichen blau und UV gestaltete sich als äußerst kompliziert. Hauptproblem war lange Zeit das Dotieren

eines p-leitenden Bereichs von geeigneten breitlückigen Halbleitern. Das gelang erstmals 1988 bei GaN der Forschungsgruppe von Akasaki in Japan, dann 1992 auch Shuji Nakamura mit einem anderen Ansatz. Letzterer führte zur ersten kommerziellen blauen LED auf GaN-Basis, die, inzwischen erweitert um weiße und grüne LEDs sowie blaue Laser, seit 1993 von Nichia Chemicals vertrieben werden. Bis dahin basierten blaue LEDs auf dem Material Siliziumkarbid, das als indirekter Halbleiter für effiziente Lichtemission schlecht geeignet ist.

Eine Weiterentwicklung und ein weiterer aktueller Forschungsgegenstand bei Leuchtdioden sind organische LEDs (OLED). Hier ist der p-n-Übergang aus organischen Molekülen aufgebaut. Im Jahr 1987 gelang es, eine Licht emittierende Diode durch Aufdampfen von zwei organischen Schichten mit einer Dicke von nur 75 bzw. 60 nm zwischen den Elektroden aus Indium-Zinn-Oxid und einer Magnesium-Silber-Legierung herzustellen. Bereits bei 7,1 V leuchtete das Bauteil mit einer Helligkeit von 1.000 cd/m^2 . Die erste OLED auf Polymerbasis wurde 1990 realisiert. Das Auftragen der organischen Basismaterialien durch Aufschleudern einer Lösung ermöglichte eine einfache und schnelle Herstellung. (Gärditz, 2)

5.2 Funktionsweise einer LED

Neben der Lichterzeugung durch Temperaturstrahlung (Glühlampen) oder Gasentladung (Leuchtstofflampe, Hochdruck-Entladungslampe) bieten Halbleitermaterialien ein weiteres Prinzip der Lichterzeugung. Halbleiter sind Festkörper, die unter bestimmten Bedingungen leitend, unter anderen Bedingungen nicht leitend sind. Damit unterscheiden sich die Halbleiter von Materialien, die dauerhaft leitend, z. B. die meisten Metalle, oder nicht leitend, z. B. Diamant und Quarz, sind. Zu den Halbleitern gehören Dioden (und damit auch Leuchtdioden) und Gleichrichter. Für die Elektronik ist die Eigenschaft von Halbleitern, den Durchfluss von Strom nur unter bestimmten vorausseh- und beeinflussbaren Bedingungen zu ermöglichen, von zentraler Bedeutung. Damit lassen sich komplexe Schaltungen steuern. Die elektrische Leitfähigkeit eines Halbleiters ist von der Umgebungstemperatur oder anderen Umweltfaktoren (Druck, Licht, Magnetismus) abhängig. Bei

tieften Temperaturen sind die für die Leitfähigkeiten zuständigen Elektronen fest an die Atome des Halbleiters gebunden und daher nicht frei beweglich. Der Halbleiter verhält sich wie ein Isolator. Bei zunehmender Temperatur werden mehr und mehr Elektronen aus der Bindung des Kristallgitters gelöst und stehen für den Ladungstransport zur Verfügung. Der Halbleiter wird leitend. (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13, 2)

5.2.1 p-n-Übergang

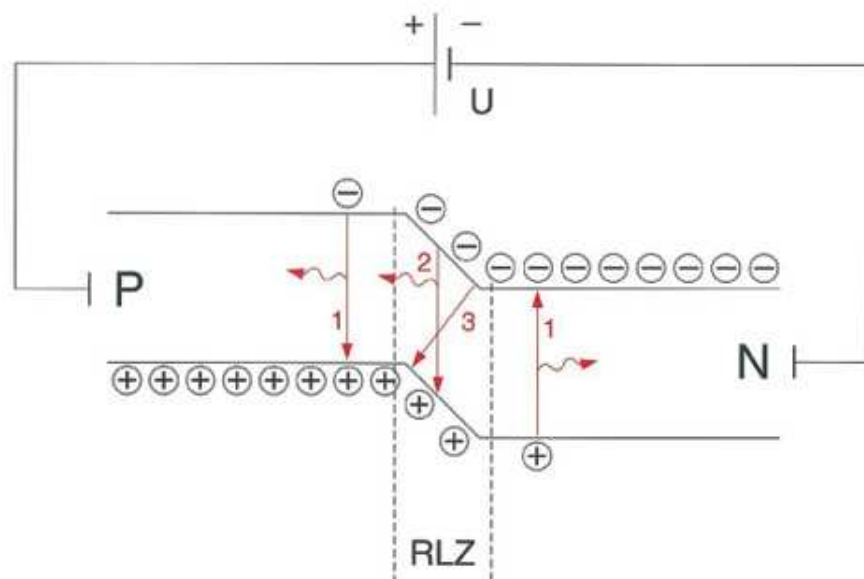
Um die Leitfähigkeit zu verbessern, werden gezielt Fremdatome in den Halbleiter eingebaut. Dieser Vorgang nennt sich Dotierung. Eine Hälfte des Halbleiters (n-Gebiet) wird mit Fremdatomen dotiert, die ein Bindungselektron mehr enthalten als das Halbleiteratom. Dieses überschüssige Elektron ist frei beweglich und erhöht die Leitfähigkeit. Die andere Hälfte (p-Gebiet) wird mit Fremdatomen dotiert, die ein Elektron weniger besitzen als das Halbleiteratom. Diese Fehlstellen („Löcher“) können freie Elektronen aufnehmen. Bei der Rekombination eines Elektrons aus dem Leitungsband mit einem Loch aus dem Valenzband wird im Kristall eine defekte Bindung restauriert. (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13, 2) Im Bändermodell entspricht dies einem Übergang eines Elektrons aus dem Leitungsband ins Valenzband. Wird die dabei frei werdende Energie als Lichtquant bzw. Photon abgegeben, spricht man von strahlender Rekombination. Als Konkurrenzprozess findet auch die nicht strahlende Rekombination statt, bei der die frei werdende Energie letztendlich in Wärme (Gitterschwingungen) umgesetzt wird. (Wagemann/Schmidt, 154)

Die Diffusion beeinflusst die Lage der Ionen, welche im Halbleiter ortsfest sind, nicht. Deshalb verbleibt in der Grenzschicht des n-Leiters nach Abwandern der Elektronen eine positive Ladung. Entsprechend erhält der p-Leiter in der Grenzschicht eine negative Ladung. Die Ladungen innerhalb der Grenzschicht bewirken eine Spannung am p-n-Übergang, die ein weiteres Eindringen von Ladungsträgern in die Grenzschicht verhindert. Der Ladungstransport wird dort gesperrt. Somit wird die Grenzschicht zu einer Sperrschicht (verbotenen Zone oder Potenzialbarriere).

Die Lumineszenzdiode beinhaltet einen p-n-Übergang aus einem Halbleiternmaterial mit hohem internen Quantenwirkungsgrad. Die Sperrschichtbreite nimmt bei Anlegen der Spannung zu, wenn der Pluspol der Spannung am n-Leiter und der Minuspol am p-Leiter liegen. Diese Richtung der Polung nennt man Sperrrichtung. In Sperrrichtung ist der Widerstand (Sperrwiderstand) groß. Es fließt nur ein kleiner Sperrstrom.

Die Sperrschichtbreite nimmt beim Anlegen der Spannung ab, wenn der Minuspol der Spannung am n-Leiter und der Pluspol am p-Leiter liegt. Diese Richtung der Polung nennt man Durchlassrichtung. In Durchlassrichtung ist der Widerstand (Durchlasswiderstand) klein. Es fließt der Durchlassstrom (Vorwärtsstrom). Dabei werden die Minoritätsträger, Elektronen in den p-Bereich und Löcher in den n-Bereich injiziert, wo sie sofort mit den dort vorhandenen Majoritätsladungsträgern rekombinieren und Lumineszenzstrahlung aussenden.

Abbildung 15: Aufbau eines p-n-Überganges



1: Strahlende Rekombination in Bahngebieten

2: Strahlende Rekombination in der Raumladungszone; Nichtstrahlende Rekombination an Störstellen, безизлучательная рекомбинация

3: Nichtstrahlende Rekombination unter Mitwirkung eines Tunnelvorganges

Quelle: Handbuch für Beleuchtung 2009, I -6.13.2

Ein p-n-Übergang hat elektrisch die Funktion einer Diode. Für die Diodenanschlüsse wurden die Bezeichnungen Anode und Katode von der Röhrendiode übernommen. Man versteht unter Anode die positive Elektrode (p-Schicht) und unter Katode die negative Elektrode (n-Schicht). (Reisch, 326)

5.2.2 Halbleiterwerkstoffe

Nicht alle Halbleitermaterialien kommen als Lichtquellen in Frage, und zwar deshalb, weil in manchen Substanzen die Rekombination vorwiegend nicht strahlend abläuft. So haben beispielsweise in den klassischen Halbleitern Silicium (Si) und Germanium (Ge) die Elektronen an der Leitungsbandkante einen Impuls, der verschieden ist vom Impuls der Löcher an der Valenzbandkante. Bei diesen sogenannten indirekten Halbleitern ist die strahlende Rekombination verboten, weil sie das Impulshaltungsgesetz verletzen würde. Die Rekombination ist nur unter Mitwirkung von Phononen möglich. Das sind quantisierte Gitterschwindungen, die den fehlenden Impulsbetrag zwischen Elektron und Loch aufbringen können. Aus diesem Grund ist die Wahrscheinlichkeit für eine strahlende Rekombination sehr gering. In den direkten Halbleitern, z. B. GaAs oder InP, haben Elektronen und Löcher denselben Impuls und es gibt kein Verbot der strahlenden Rekombination.

„Ob nun in einem Halbleiter mehr strahlende oder nicht strahlende Rekombinationsvorgänge ablaufen, kann durch den internen Quantenwirkungsgrad η_{int} beschrieben werden.“ (Reisch, 328) Er gibt an, welcher Anteil aller Rekombinationsakte strahlend abläuft. Bei gut geeigneten Materialien wie z. B. GaAs ist $\eta_{\text{int}} > 90\%$.

Nicht alle im Kristallinneren erzeugte Photonen können den Kristall verlassen. Durch Reflexion an den Grenzflächen bis hin zur Totalreflexion werden die meisten Photonen zurück gehalten. Der externe Quantenwirkungsgrad η_{ext} , der angibt, welcher Anteil aller Rekombinationsakte zu einem im Außenraum nachweisbaren Photon führt, ist meist nur im Bereich weniger Prozente (Hering/Martin 2006, 70f).

Am häufigsten vertreten sind die III-V-Halbleiter, die aus Elementen der 3. und 5. Gruppe des Periodensystems bestehen, weil sie passende Bandabstände

haben und weil ihre Bandstruktur effizient strahlende Rekombination ermöglicht. Dazu gehören Stoffe wie Galliumphosphid (GaP), Aluminiumgalliumarsenid (AlGaAs) oder Indiumgalliumnitrid (InGaN). (Wagemann/Schmidt, 176)

5.2.3 Heteroübergänge

Kombiniert man die entsprechenden Halbleitermaterialien (Substrate) und legt entsprechende Bereiche mit einer p- und n-Dotierung an, kann die Wellenlänge des emittierenden Lichts bestimmt werden. Problematisch dabei ist die Diffusionslänge der Ladungsträger, Elektronen und Löcher, im Halbleitermaterial. Ist die Diffusionslänge zu klein, wird die Rekombination gestört und eine Photonenemission nach außen durch die Selbstabsorption behindert. Wesentliche Verbesserungen in Bezug der elektrischen und lichttechnischen Parameter erreicht man durch die Erzeugung sogenannter Heteroübergänge. (Handbuch für Beleuchtung, 1 – 6.13, 4)

„Heteroübergänge entstehen in der Grenzschicht zweier unterschiedlicher Halbleitermaterialien mit unterschiedlicher Energie der Bandlücke. Bei Heteroübergängen entstehen schmalbandige Bereiche (kleiner als die Diffusionslänge) an dem p-n-Übergang.“ (Handbuch für Beleuchtung, 1 – 6.13, 4) Ein Einfach-Heteroübergang erzeugt eine Potenzialstufe, mit der Ladungsträger im Bereich des p-n-Überganges gehalten werden und daher nicht weiterwandern können. Der Potenzialüberschuss kann also nur durch die Rekombination von Elektronen und Löchern abgebaut werden. Ein Doppel-Heteroübergang erzeugt für beide Ladungsträger eine entsprechende Potenzialstufe und damit eine extrem hohe Ladungsträgerdichte sowie extrem hohe Wahrscheinlichkeit für eine strahlende Rekombination. Diese schmalbandigen Bereiche sorgen zudem dafür, dass die freigesetzten Photonen nicht nach außen abgestrahlt werden.

Auch das System der Einfach- und Doppel-Heteroübergänge wurde durch verschiedene Firmen (Hewlett Packard, OSRAM Opto Semiconductors) weiterentwickelt. Es wurden neue Aufbaustrukturen, vor allem für bessere Lichtausbeuten, mit zehn und mehr verschiedenen Dotierungsschichten entwickelt. Insbesondere die Anwendung von transparenten Substraten und Dotierungsschichten hatte

wesentliche Leistungssteigerungen zur Folge. Als weitere Verbesserungen wurden für die LED Schicht-Strukturen vorgeschlagen, um bereits im Chip die Lichtlenkung und -auskopplung vorzugeben.

5.3 Herstellung von Leuchtdioden

Bei der industriellen Herstellung von Leuchtdioden unterscheidet man zwischen der Herstellung des Ausgangsmaterials, des Kristalls selbst, und dem Prozess zur Herstellung des p-n-Überganges.

Ausgangspunkt für die Herstellung von Lumineszenzdioden ist ein einkristallines Grundmaterial. Einkristalle, oder Monokristalle, werden nach dem Schuttschmelzverfahren hergestellt. Ein Impf- oder Keimkristall wird in die Schmelze des Materials eingetaucht und unter dauerndem Drehen wieder herausgezogen. Man erhält Kristalle bis zu 100 mm Durchmesser. Durch Zonenschmelzverfahren wird der entstandene Kristall gereinigt und die Kristallstruktur verbessert.

Diese Kristalle können jedoch nicht direkt zur Herstellung von Lumineszenzdioden verwendet werden, weil bei den hohen Herstellungstemperaturen Verunreinigungen und eine Vielzahl von Kristalldefekten auftreten. Kristalldefekte führen zu nichtstrahlenden Rekombinationen, wodurch der Wirkungsgrad sehr gering wird. Schon beim Ausgangsmaterial muss die Einbringung geeigneter Lumineszenzsubstanzen bedacht werden. Man verwendet die Einkristalle als tragendes und die Kristallausrichtung vorgebendes Substrat. Dazu wird er in dünne Scheiben geschnitten. Auf diesen sogenannten Wafern wachsen die mit Epitaxieverfahren aufgetragenen unterschiedlich dotierten Schichten, die die geforderten Lumineszenzeigenschaften haben.

„Unter Epitaxie versteht man Kristallerzeugungsverfahren, bei denen eine aufwachsende Materialschicht eine vom Substrat vorgegebene Kristallstruktur annimmt.“ (Wagemann/Schmidt, 191) Normalerweise geht man von gleichem Material aus: Es wächst beispielsweise GaAs auf GaAs-Substrat auf. Wenn jedoch die Aufwachsschicht aus unterschiedlichem Material besteht, z. B. AlGaAs wächst auf GaAs auf, spricht man von Hetero-Epitaxie. Heteroepitaktische Schichten sind für

optoelektronische Bauelemente sehr interessant, weil sich optische und elektronische Eigenschaften nach technischen Anforderungen gestalten lassen.

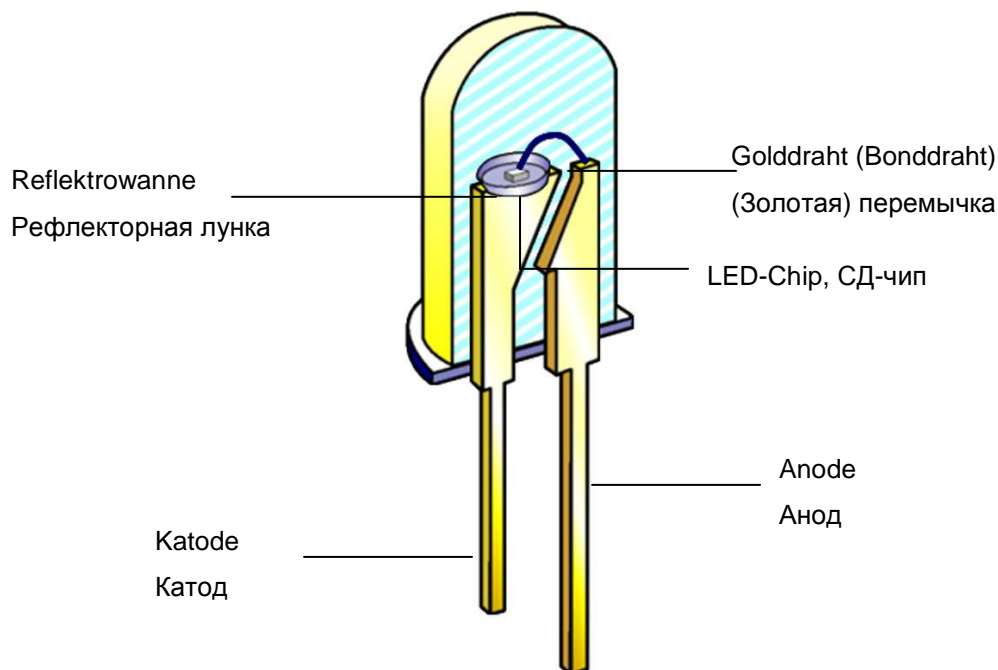
Folgende Epitaxie-Verfahren werden angewendet:

- die heutzutage technisch bestens beherrschte Flüssigphasen-Epitaxie,
- die wegen ihrer technischen Schwierigkeiten erst allmählich den Weg in die industrielle Fertigung findende Gasphasen-Epitaxie und schließlich
- die präziseste Methode der Molekularstrahl-Epitaxie. (Wagemann/Schmitt, 191 f)

Flüssigphasen-Epitaxie ermöglicht auf technisch unproblematische Weise, dünne kristalline III-V-Schichten aus einer Schmelze auf einem Substrat aufwachsen zu lassen. Die Gasphasen-Epitaxie ist geeignet, sehr dünne Schichten gleichmäßiger Zusammensetzung und abrupt veränderter Dotierung zu erzeugen. Man arbeitet mit Zugabe der gasförmigen Aufbaustoffe, z. B. Ga oder As als Elemente oder besser in molekularer Bindung, z. B. in Form metallorganischer Gase. Bei der Molekularstrahl-Epitaxie handelt es sich um ein Hochvakuum-Verfahren, bei dem die Ausbaustoffe als Atomstrahl aus widerstandsbeheizten Öfen (Effusoren) austreten, um thermisch aktiviert auf das geheizte Substrat zu treffen und dort reaktiv Monolagen der gewünschten Zusammensetzung aufzubauen. (Wagemann/Schmidt 1997, 188 f)

Nachdem die p-n-Übergänge hergestellt wurden, werden die Kontaktierungen vorgenommen und der Wafer in Halbleiterplättchen zerschnitten. Es folgt das Aufkleben oder Auflegieren des Halbleiterplättchens auf ein Leitermaterial und das Verbinden des Oberseitenkontaktes mit dem zweiten Elektrodenstift mit Hilfe eines Golddrahtes. Schließlich wird die Lumineszenzdiode in einen Kunststoff eingegossen. Die Kunststoffumhüllung dient zum Schutz der Lumineszenzdiode, bestimmt deren Abstrahlcharakteristik und verbessert die Lichtaustrittsverhältnisse. (<http://www.led-info.de/> - 30.08.2009)

Abbildung 16: Schematischer Aufbau einer LED



Quelle: Zumtobel

5.4 LED-Bauformen

Leuchtdioden werden in verschiedenen, den Einsatzzweck angepassten Bauformen angeboten. Je nach Verlötvorgang elektronischer Bauteile unterscheidet man drei Grundbauformen des LED-Chips.

5.4.1 Bedrahtete (radiale) LEDs

Die ersten industriell eingesetzten LEDs, sogen. bedrahtete oder radiale LEDs, werden mit den Drähten durch die Leiterplatte durchgezogen und auf der Rückseite verlötet. Die Abbildung 16 oben zeigt den Aufbau einer bedrahteten LED, wobei ihr Gehäuse nicht zwingend kreisförmig sein muss. Es wurde in vielen Fällen der Einbausituation angepasst und konnte mit entsprechenden Vorrichtungen zum Einrasten und Halterungen vorgesehen werden. Die LEDs dieser Bauform sind zumeist mit rotationssymmetrischen Linsen versehen, um mit einer Fokussierung eine höhere Lichtstärke zu erreichen. Die bedrahteten LEDs werden

mit den Drähten durch die Leiterplatte durchgezogen und verlötet. Daher leitet sich auch ihr Name ab.

Abbildung 17: Bedrahtete LEDs

Quelle: OSRAM



Die bedrahteten LEDs fanden und finden ihre Anwendung vor allem in Signalsystemen verschiedenster Funktionen und bei der Hinterleuchtung von Schaltern in Elektrogeräten. In den heutigen Anwendungen spielen die bedrahteten Bauformen eine immer geringere Rolle, weil das Auflöten auf Platinen mit anderen Bauformen wesentlich besser funktioniert.

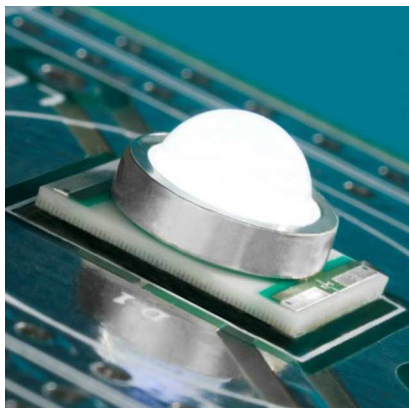
(Handbuch für Beleuchtung, 1 – 6.14.4, 4)

5.4.2 SMD-LEDs

Bei der Bauform Surface Mounted Device (SMD) wird das Bauteil direkt auf die Leiterplatte geklebt und die Kontakte werden verlötet. Eine definitive Standard-Bauform bei SMD-LEDs gibt es nicht. Die Bauformen wurden von vielen Herstellern von gängigen SMD-Bauformen abgeleitet, jedoch gibt es sehr viele unterschiedliche Baugrößen.

Abbildung 18: SMD-LED

Quelle: CREE



Die meisten SMD-LEDs besitzen im Allgemeinen kein ausgeformten wirksamen metallischen Reflektor, wie bei bedrahteten LEDs aus einem Lead geformt wird. Die industrielle Verarbeitung von bedrahteten LEDs ist wie bei allen bedrahteten Bauteilen in heutigen Platinenfertigungsprozessen aufwändig. Daher werden LEDs von den führenden

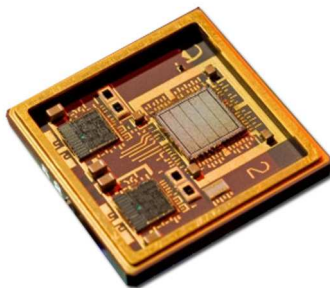
Herstellern hauptsächlich in SMD-Gehäuseform hergestellt, auch die volle Palette der Lichtfarben ist nur noch bei SMD-Bauteilen erhältlich.

5.4.3 COB-LEDs

Die Chip-on-Board-Technologie (COB) setzt den Chip direkt auf eine Leiterplatte ohne ein eigenes Gehäuse. Die Chipanschlüsse und die Leiterplatte werden mit einem Golddraht verbunden. Der Chip wird von einem Tropfen Epoxydharz abgedeckt und geschützt. Eine gerichtete Lichtabgabe kann durch das Epoxydharz oder mit aufgesetzten Linsen erreicht werden. Die Form und Bestückung der Platine kann frei gewählt werden. Allerdings rechnen sich individuelle Layouts nur bei sehr hohen Stückzahlen. Mit der COB-Technologie werden deshalb auch LED-Module, die in vielen Bereichen eingesetzt werden können, gefertigt.

Abbildung 19: COB-LED

Quelle: Zumtobel



Durch spezielle Leiterplattenmaterialien, z.B. Aluminium, können bessere Wärmeleiteigenschaften erreicht werden. Daraus resultieren eine längere Lebensdauer und eine höhere Lichtausbeute. COB ist eine sehr flache und platzsparende Bauform. COB-LEDs können dicht gepackt werden, es wird mehr Licht aus einer kleineren Fläche abgestrahlt. COB-LEDs bieten sich für RGB-Applikationen an.

5.4.4 Hochleistungs-LEDs

Abbildung 20: Hochleistungs-LED

Quelle: OSTAR



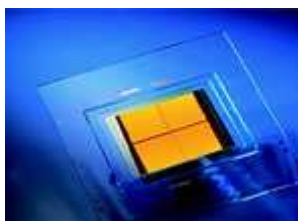
Für den Einsatz z. B. für Beleuchtungszwecke wird ein möglichst hoher Lichtstrom pro LED gefordert. Durch größere LED-Chips, mehrere Chips in einem Gehäuse und neu entwickelte Bauformen, die das Wärme-management optimieren, können LED mit höheren Strömen betrieben werden. Ziel ist es, den Lichtstrom der einzelnen LED zu erhöhen. „Als Hochleistungs-LEDs werden hier LEDs aufgeführt, die mit Strömen ab 200mA betrieben werden.“ (<http://www.info-led.de> – 28.08.2009)

5.4.5 Organische LEDs (OLED)

Weißer organische Leuchtdioden (OLEDs) besitzen ein großes Potenzial für die Verwendung zu Beleuchtungszwecken, da sie gegenüber herkömmlichen Lichtquellen verschiedene Vorteile vereinen. Mit einer Bauhöhe von wenigen Millimetern können sie als zweidimensionale, diffuse Beleuchtung in vielfältiger Weise eingesetzt werden. „Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, flexible Substrate zu verwenden, was völlig neue Ansätze in Bezug auf Design und Gestaltung der Leuchtelemente eröffnet.“ (Gärditz, 123)

Abbildung 21: Organische LED

(Quelle: <http://www.adhaesion.com> (02.09.2009))



Bis zum Jahr 2000 lag bei OLEDs der Fokus nur auf Anwendungen im Displaybereich. Die wesentlichen Vorteile von OLED-Displays im Vergleich zu Flüssigkristallanzeigen sind die erheblich schnellere Schaltgeschwindigkeit auch

bei tiefen Temperaturen, ein Blickwinkel von mehr als 160° bei hohem Kontrast und ein potentiell geringerer Stromverbrauch. Seit 2000 hat sich der Fokus der Entwicklung mehr und mehr zu OLEDs für Beleuchtungszwecke verschoben. Dieses Anwendungsgebiet gewinnt aufgrund immer besserer Leistungsdaten zunehmend an Attraktivität. „Gegenüber anderen Lichtquellen, wie z. B. Leuchtstofflampen oder anorganische LEDs, vereinen sie mehrere Vorteile: Als großflächig emittierende Quellen können sie blendfreies diffuses Licht erzeugen. (Gärditz, 2) Zudem kann man OLED-Module so bauen, dass sie im stromlosen Zustand eine Art Spiegelkachel darstellen, auf deren Oberfläche dann Licht ‚zugeschaltet‘ werden kann.“ (Handbuch der Beleuchtung, I-6.14, 1)

5.5 LED-Komponenten

5.5.1 LED-Module

Werden eine oder mehrere LEDs auf einer vorgefertigten Platine bestimmter Geometrie mit Zuleitungen anschlussfertig verdrahtet, so spricht man von einem LED-Modul. Um die jeweils gewünschte Lichtwirkung zu erzielen, werden die Leiterplatten teilweise mit optischen Elementen kombiniert, z. B. Streuscheibe oder Linsen.

LED-Module sind standardisierte oder auch kundenspezifisch entwickelte LED-Bauteile, die in verschiedenen Produkten eingesetzt werden. Das können mit wenigen, einfarbigen LED-bestückte Leiterplatten oder auch videofähige RGB-LED-Fliesen für den Außeneinsatz sein.

Die „standardisierten Leiterplatten“ ersparen den Anwendern die notwendige Entwicklungskosten, verschiedene Abmessungen, Bestückungen und Beschaltung der Platinen ermöglichen es, Gehäuseformen relativ frei zu gestalten und die LED-Leuchten den jeweiligen Anforderungen entsprechend zu bestücken.

LED-Module lassen sich nach Bauform, erzeugter Farbe oder elektrischer Ansteuerung einteilen. Es gibt lineare, flächige, flexible, gesockelte und Kettenmodule. Streifen- oder Kettenmodule gehören zu den am häufigsten eingesetzten Bauformen.

Unabhängig von der Bauform eignen sich LED-Module zur Erzeugung einfarbigen Lichts, wie zum Beispiel rot, grün und blau oder weiß. Um Mischfarben darzustellen oder Farbwechsel zu realisieren, kombiniert man LED-Chips unterschiedlicher Farben, wie zum Beispiel in einem RGB-Modul.

Abbildung 22: Einige Bauformen der LED-Module



Gesockelt (TALEXEngine)



Kettenmodul (TALEXchain)



Streifenmodul

Quelle: Tridonic, Zumtobel

„Die Abgrenzung der LED-Module als Leuchtmittel zu betriebsfertigen LED-Leuchten ist fließend. Beispielsweise benötigen eingegossene LED-Module keine Gehäuse.“ (<http://www.led-info.de> – 28.08.2009)

5.5.2 LED-Steuer- und Betriebsgeräte

Abbildung 23: Konverter

Quelle: Zumtobel



Um optimale Lichtausbeute und Lebensdauer der LED zu gewährleisten, müssen die LEDs mit genau definierten Strömen und Spannungen betrieben werden. Wenn nicht andere Stromquellen genutzt werden, wird die Netzspannung durch Netzteile (Konverter) transformiert und gleichgerichtet. Weiterhin wird oft eine Steuerelektronik zum Regeln der Helligkeit oder Ansteuern der gewünschten Lichtfarbe benötigt. Sie ermöglichen den problemlosen Betrieb der LED unter Netzspannung, Dimmen, RGB-Farbwechsel (additive Farbmischung) oder Funk-

fernsteuerung usw. Diese Elektronik kann auf der LED-Platine integriert werden (wie bei gesockelten LED-Modulen) oder separat als Bauteil vorgeschaltet werden.

Die Ansteuerung von LED-Module kann sowohl analog – unter Anwendung der 1-10 V-Steuertechnik – als auch elektronisch mit DALI, DMX oder EIB/KNX erfolgen. (<http://www.led-info.de> – 28.08.2009)

5.5.3 Thermomanagement

Da die Lichtleistung mit der Erwärmung des LED-Chips abnimmt, ist eine gute Wärmeableitung wichtig. Das kann über das Leuchtengehäuse oder über Kühlkörper geschehen. Aus dem LED-Gehäuse geschieht das über die Lötkontakte oder über ein zusätzliches, in das Gehäuse eingelassenes Kühlblech. In speziellen Fällen kann eine aktive Kühlung zum Beispiel durch einen Lüfter oder einen geschlossenen Kühlflüssigkeitskreislauf notwendig sein.

Üblicherweise bestehen die tragenden Platinen aus einem schlecht wärmeleitenden Harzverbundwerkstoff. Wärmeleitende Leiterplatten bauen auf einem wärmeleitenden Grundmaterial, wie z. B. Aluminium oder Keramik auf. (<http://www.led-info.de> – 28.08.2009)

5.6 Materialien und Farben

„Anders als Glühlampen sind Leuchtdioden keine Temperaturstrahler. Sie emittieren Licht in einem schmalbandigen (monochromatischen) Spektralbereich: im nahen UV, im sichtbaren Bereich oder im Infrarotbereich.“ (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.3, 3)

5.6.1 Farbige LEDs

Der Farbton der LED wird als dominante Wellenlänge definiert. Für die Erzeugung verschiedener Wellenlängen müssen die Grundmaterialien und die Dotierung entsprechend ausgewählt werden. Die maßgebliche Größe für die LED-Farbe ist der Bandabstand des dotierten Grundmaterials im Bereich der Raumladungszone.

Die in der Tabelle angeführten Materialien und Wellenlängen sind einzelne Beispiele dafür, dass sich durch Dotierungsänderungen bzw. weitere Materialkombinationen sehr verschiedene LED-Varianten erzeugen lassen.

Tabelle 11: Einige Halbleitermaterialien und Dotierungen zur LED-Erzeugung

Material	Substrat	Wellenlänge [nm]	Farbe
GaAs:Si	GaAs	870 – 1020	infrarot
GaAs:Zn	GaAs	830 – 920	infrarot
GaP:ZnO	GaP	690	dunkelrot
In _{0,6} Ga _{0,4} P	GaAs	670	dunkelrot
In _{0,6} Ga _{0,4} P _{0,4}	GaAs	660	rot
Ga _{0,65} Al _{0,35} As:Zn	GaAs	660	rot
AlInGaP	GaAs	550 – 700	gelb-dunkelrot
GaAs _{0,3} 5P _{0,65} :N	GaP	630	orange
In _{0,4} Ga _{0,6} P	GaAs	610	orange
GaP:N,N	GaP	590	amber
GaAs _{0,1} 5P _{0,85} :N	GaP	585	gelb
GaP:N	GaP	565	grüngelb
GaP:NP	GaP	490	blau
ZnS	ZnS	450	blau
GaN:ZN	GaN	440	blau
InGaN	SiC	460 – 525	Blau-grün
InGaN	Al ₂ O ₃ (Saphir)	380 – 580	blau-gelb

Quelle: Handbuch für Beleuchtung 2009, I – 6.13.3

Die wirtschaftliche Herstellung und die vielfältigen Patente auf Materialkombinationen sowie Layer- und Chipstrukturen bilden die Ausgangsbasis für viele Halbleiterproduzenten zur Alleinstellung in verschiedenen Anwendungen. Besonders für die Hochleistungs-LEDs und die kurzwelligen Lichtfarben sind Firmenpatente die wichtigsten Geschäftsgrundlagen. Viele LED können nur unter schwierigen Lizenzabstimmungen von anderen LED-Herstellern gebaut werden.

Bei der LED-Produktion weisen die LEDs einer Charge unterschiedliche Merkmale, darunter auch bezüglich Strahlungsintensität und Farbe, auf. Die Verwendung aller LEDs einer Charge in derselben Leuchte würde zwangsläufig zu unterschiedlichen Helligkeitsniveaus und unterschiedlichen Lichtfarben führen. Zur

Gewährleistung einer konstanten Lichtqualität werden LEDs nach Helligkeit und Farbe klassifiziert. Diese Klasseneinteilung nennt sich Binning. LEDs eines bestimmten Lumenbereichs werden einer Helligkeitsklasse zugeordnet. Weiße LEDs werden nach ihrer Farbtemperatur sortiert, farbige LEDs nach ihrer Wellenlänge. Jeder LED-Hersteller legt die Anzahl, die Bezeichnung und den Wertebereich der Klassen (Bins) für seine LEDs selbst fest. Das Binning kann auch nach anderen Kriterien erfolgen, z. B. Lichtstrom oder Vorwärtsspannung.

5.6.2 Weiße LEDs

Durch die Zugabe von Leuchtstoffen auf den LED-Chip können verschiedene Wellenlängen kombiniert und Mischfarben erzeugt werden. Dadurch sind weiße LED oder auch pastellfarbene LED möglich. Zur Erzeugung des weißen LED-Lichts stehen zwei grundsätzliche Verfahren zur Verfügung:

- additive Farbmischung von Rot, Grün und Blau (RGB-LED) entweder durch die Anbringung von mehreren verschiedenfarbigen LEDs in einem Gehäuse (Multi-LEDs) oder durch die getrennte Anordnung vieler LEDs in Rasterstrukturen hinter einer Streuscheibe
- Erzeugung breitbandiger Wellenbereiche in verschiedenen Farben und deren Kombination, meist aus Blau und Gelb, wobei hier ein gelber Leuchtstoff verwendet wird. (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.3, 2)

Multi-LEDs und Baugruppen farbiger LED bieten den Vorteil, dass die Lichtfarbe durch gezielte Ansteuerung innerhalb eines großen Farbraumes gewählt werden kann. Die Lichtausbeute von Glühlampen (18 lm/W) wird mit dieser Methode schon übertroffen.

Im Blau-Gelb-Mischverfahren wird als gelber Leuchtstoff ein Lumineszenz-Stoff mit einem Absorptionsspektrum im Blau, z. B. Phosphor, verwendet, der die absorbierte Energie unter Verlusten in breitbandiges gelbes Licht umwandelt. Die Kombination von Blau und Gelb ergibt somit eine weiße Lichtfarbe, zumeist mit einer sehr hohen Farbtemperatur und einer relativ geringen Farbwiedergabe. In dem weißen Licht fehlen Anteile von Blau-Grün, Grün und vor allem Rot. Für deut-

lich bessere Farbwiedergabe kann zusätzlich mit weiteren Farb-LEDs das Spektrum aufgewertet werden. Problematisch ist in diesem Fall jedoch die unterschiedliche Lichtausbeute der verschiedenfarbigen LEDs bei unterschiedlichen Temperaturen. Die Leistungen verändern sich je nach Temperaturschwankung und damit auch die Farbtemperatur.

Da blaue LEDs den höchsten Wirkungsgrad haben – UV-LEDs hingegen weniger als die Hälfte – und der Blauanteil sichtbar ist, ist die Blau-Gelb-Farbmischung die wirtschaftlichste Methode für die Produktion des weißen LED-Lichts. Der Ultraviolett-Anteil, den blaue LEDs am kurzwelligen Ausläufer ihres Strahlungsspektrums aussenden, wird durch die Fluoreszenzschicht ebenfalls weitgehend in gelbliches Licht umgewandelt. (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.3, 2)

5.7 Eigenschaften von LEDs

5.7.1 Elektrische Kennwerte

Ähnlich wie die Leuchtstofflampen oder Hochdruck-Entladungslampen benötigen LEDs einen Strom begrenzenden Widerstand im Schaltkreis. Wie werden jedoch mit Gleichstrom betrieben. Typische Betriebswerte für Einzel-LEDs sind ein Spannungsbereich von 2 bis 4 V und ein Strombereich von 20 bis 250 mA. Bei den Hochleistungs-LEDs (1W-5W LED) ist der Betriebsstrom deutlich höher, er kann bis zu 1A betragen.

„Die wichtigste technische Angabe über eine LED ist *der maximale Durchlassstrom I_F (Vorwärtsstrom)*.“ (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.5, 1) Diese Information legt zugleich auch die maximale Leistungsaufnahme der LED fest, denn die Vorwärtsspannung ist prinzipiell mit der emittierten Wellenlänge und dem Vorwärtsstrom gekoppelt. Je kleiner ist die Wellenlänge, desto höher ist die Vorwärtsspannung.

Die Abstrahlung von LED ist etwa proportional zum Strom. Die Strombelastbarkeit hängt ähnlich wie bei anderen Bauelementen von der Wärmeabfuhr ab. Soll also die LED mit höheren Strömen beschaltet werden, um den erzeugten Lichtstrom je LED zu erhöhen (das bedeutet keine Steigerung des

Wirkungsgrades), so muss also durch eine entsprechende Bauform eine gute Wärmeableitung aus dem Lampenkörper gewährleistet sein.

Zugleich wird für alle weiteren Angaben der LED ein Nominal-Vorwärtsstrom festgelegt, für den diese Angaben gelten:

- Durchlassspannung
- Wellenlänge oder Farbort
- spektrale Bandbreite
- Temperaturkoeffizienten von Durchlassspannung und Wellenlänge
- optischer Wirkungsgrad
- Lichtstärke bzw. Lichtstrom, nach denen die LED klassifiziert wird.

Auch ein weiterer elektrischer Kennwert der LEDs, die *Vorwärtsspannung*, hängt von den Randbedingungen ab, „(...) zum einen vom eingestellten Durchlassstrom und zum anderen von der Umgebungstemperatur. Für die oben angeführten Angaben wird, solange nichts anderes definiert ist, die Umgebungstemperatur von 25° C vorgegeben.“ (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.5, 1) Wegen des hohen Dotierungsunterschieds an der Sperrschicht vertragen Leuchtdioden nur geringe Sperrspannung von ca. 5 V. Die Durchlassspannung hängt direkt von der Bandlücke ab und damit von der Lichtfarbe. Die Betriebsspannungen betragen 2V bis 4V.

„Die *Sperrspannung* V_R ist die Spannung, mit der die Diode in Sperrrichtung – bei falscher Spannungspolarität – ohne Schaden belastet werden darf.“ (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.5, 2) Der Sperrstrom von 10 bis 100 μA kann hier als Höchstwert angesetzt werden. Die Sperrspannung liegt in den meisten Fällen wesentlich höher und der Wert dient nur Absicherung der LED-Hersteller.

„Die *ESD-Festigkeit* (von Electrostatic Discharge = elektrostatische Entladung) ist für die Verarbeitung und den Einsatz der LEDs notwendig.“ (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.5, 4) Die Höhe der ESD-Spannung bestimmt die notwendige Schutzeinrichtung in einer Produktion von Geräten bzw. Leiterplatten mit LEDs. Hier geht es um die notwendigen Erdungsmaßnahmen für die Bodenbeläge und Arbeitstische, die Leitfähigkeit der Arbeitsbekleidung und nicht zuletzt die Sicherheitsmaßnahmen, damit keine elektrostatischen Entladungen an den Bautei-

len stattfinden. Zudem ist die Höhe der Spannung ein Kriterium für den Einsatz von LEDs in Bereichen mit hohen Anforderungen an die EMV-Sicherheit (elektromagnetische Verträglichkeit), in Schaltungen, an denen hohen Störspannungsspitzen oder Störfeldstärken auftreten können. Gute Werte liegen hier bei ca. 2 kV.

5.7.2 Lichttechnische Kennwerte

Die wichtigste lichttechnische Größe für eine LED ist die abgegebene Lichtmenge, die mit der *Lichtstärke* und dem *Lichtstrom* gemessen wird. Durch sehr unterschiedliche Anwendungsgebiete hat sich hier keine eindeutige Darstellungsform in den Datenblättern durchgesetzt. Für die meisten, vor allem eng strahlenden LEDs, wird die Lichtstärke angegeben. Für die meist sehr breit strahlenden Leistungs- und Hochleistungs-LEDs hat sich die Angabe des Lichtstromes bewährt.

Ein weiteres lichttechnisches Kriterium für den Einsatz von LEDs ist der *Abstrahlwinkel*. „Als Abstrahlwinkel ist der Winkel definiert, bei dem die Intensität 50% beträgt.“ (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.5, 2) Zu beachten ist hierbei, ob der Halb- oder Vollwinkel angegeben wurde, d. h. von der (senkrechten) Abstrahlrichtung bis zum einen Grenzwinkel oder zwischen den beiden Grenzwinkeln. Die Lichtstärke in die verschiedenen Ausstrahlungsrichtungen hängt vom Lampenkörper ab, sie wird durch die Lichtstärkeverteilungskurve (LVK) beschrieben. Die Lichtstärkeverteilungskurve wird meistens in Polarkoordinaten angegeben. Für rotationssymmetrische Lichtverteilungen reicht die Darstellung in einer Ebene durch die Leuchte aus.

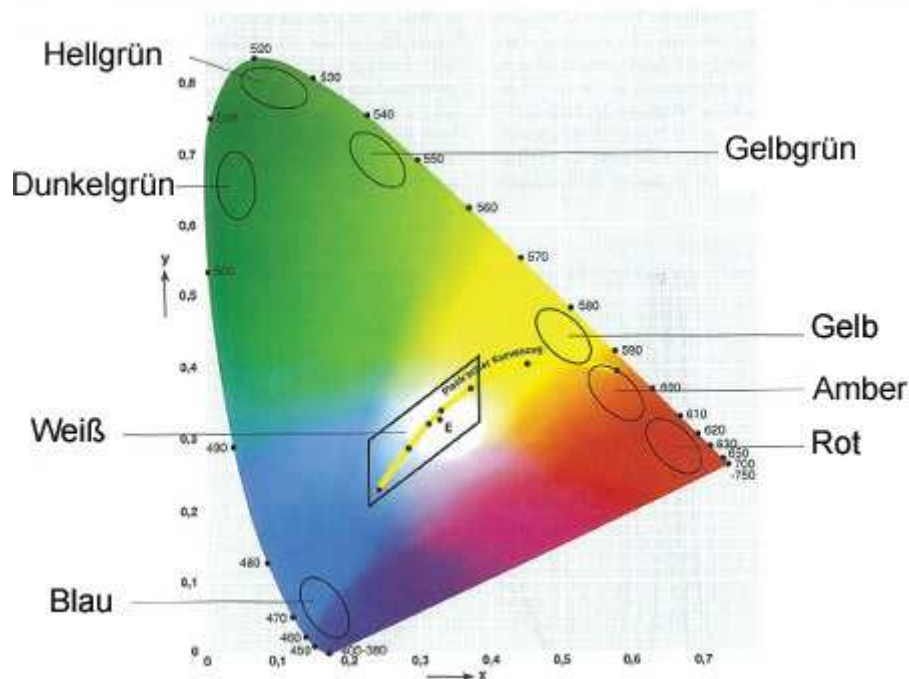
Für den Einsatz einer LED ist zumeist ihre Farbe entscheidend. Das zeigt sich deutlich am Beispiel der Lichtfunktionen am Fahrzeug: Für Brems- und Rücklicht wird rot, für Blinker gelb, für Positionslicht weiß benötigt. Auch für Piktogramme der Rettungszeichenleuchten werden Farbbereiche vorgegeben: weiße Fluchtwegkennzeichnung auf grünem Hintergrund. Wie bereits im entsprechenden Kapitel erwähnt, sind die LED-Farben bzw. ihr *Farbort* mit Grenzlinien im CIE-Farbdreieck, manchmal mit der Angabe der Wellenlänge, definiert.

„Die *Peak-Wellenlänge* λ_p ist diejenige Wellenlänge, deren physikalische Strahlstärke am höchsten ist.“ (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.5, 2)

Die *dominante Wellenlänge* λ_d wird nicht gemessen, sondern aus den Farbkoordinaten im CIE-Farbdreieck berechnet. „Sie gibt den Wert an, bei dem die Linie vom Unbuntpunkt E durch den Farbpunkt der LED die äußere Randkurve schneidet.“ (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.5, 2)

Die *Halbwertsbreite* $\lambda_{0,5}$ bestimmt „(...) den Wellenlängenbereich, in dem die Strahlstärke auf die Hälfte des Maximalwertes bei der Peak-Wellenlänge abfällt.“ (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.5, 2)

Abbildung 24: Bestimmung der dominanten Wellenlänge im CIE-Farbdreieck



Quelle: Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.3, 4

In der Produktion müssen entsprechende Grenzwerte für die LEDs eingehalten werden, um eine möglichst gleichbleibende Farberscheinung für das Auge zu erreichen. Die zugelassenen Toleranzfelder variieren je nach Farbe und Einsatzgebiet der LED.

Der *Farbton* (*Farbort*) von LEDs wird meistens durch die x- und y-Werte in der CIE-Normfarbtafel definiert: Hierzu werden Eckpunkte mit x-y-Koordinaten um den Unbuntpunkt E angelegt (siehe Abb. 24). Manchmal wird aber auch die (annähernde) Lichttemperatur angegeben. Für einfarbige LEDs lassen sich über die Wellenlängen sehr präzise Aussagen über ihre Farbe treffen. Bei weißen LEDs ist dies nahezu unmöglich. Hier wird die Farbtemperatur zur Definition der Lichtfarbe herangezogen. Übliche Kategorien sind das „kaltweiße“, tageslichtähnliche Licht mit der Farbtemperatur von 5500–6000 K und das „warmweiße“ Licht, ähnlich dem von Glühlampen, mit der Farbtemperatur von 2700–3000 K. (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.6, 5)

Für den *Gesamtwirkungsgrad* der LED ist nicht nur der Prozess der Lichtentstehung, der bei bestimmten (direkten) Halbleitern mit nahe 100% abläuft (interne Quanteneffizienz), von Bedeutung, sondern auch die Frage der Auskoppelung des Lichts von der tief im Halbleiter vergrabenen Sperrschicht in die Umgebung. Hierbei entstehen Verluste, die den Wirkungsgrad auf wenige Prozent herabsetzen. (Reisch, 328)

Die Halbleiterschichten müssen möglichst dünn und transparent sein, damit das Licht aus dem Halbleiter austreten kann. Durch die Verwendung eines transparenten, wenn auch teureren Substrates werden auch die nach unten emittierten Photonen nicht absorbiert.

Die durch den großen Unterschied im Brechungsindex zwischen Luft $n=1$ und Halbleiter $n=3,5$ auftretende Totalreflexion ist eine wichtige Ursache für den schlechten Wirkungsgrad der LED. Eine Verbesserung lässt sich z.B. durch eine Epoxydharzabdeckung ($n=1,5$) erzielen. Es ergibt sich ein vergrößerter Winkel, unter dem das Licht aus dem Halbleiter austreten kann.

„Die *Absorptions- und Reflexionsgrade* bestimmen die Menge der Strahlung, die das Lumineszenzdiode-Bauelement verlassen kann.“ (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.7, 6)

Dieser Zusammenhang wird vom externen und internen Quantenwirkungsgrad, wie bereits oben beschrieben, dargestellt. Der letztlich auf das Auge wirkende Lichteindruck (*Helligkeit*) hängt, bedingt durch die spektrale Augenemp-

findlichkeit, sehr stark von der Wellenlänge des Strahlers ab. So kann durchaus eine grün leuchtende LED mit geringer Strahlungsleistung dem Auge heller erscheinen als eine viel stärker strahlende rote LED.

Bei der Bewertung der Effizienz von LED Leuchten müssen auch die Leistungsverluste der Vorschalt- und Steuergeräte berücksichtigt werden.

„Der *Leuchtwirkungsgrad* ergibt sich durch Gewichtung der spektralen Emission mit der Augenempfindlichkeit $V(\lambda)$, bezogen auf die gesamte abgestrahlte Leistung.“ (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.7, 8) Der höchste theoretische Leuchtwirkungsgrad ergibt sich für monochromatisches Licht mit der Wellenlänge von 555nm. Sein Wert ist hier 683 lm/W.

5.7.3 Betriebsparameter von LEDs

Für LED ist die Einhaltung der Betriebsparameter von besonderer Bedeutung. Zum einen hängt die Lebensdauer im Wesentlichen von der maximalen Sperrschichttemperatur, d. h. der Materialtemperatur des p-n-Überganges ab. Zum anderen ist der Leistungsabfall, oder *Degradation*, des Lichtstromes und der Lichtstärke ein wesentlicher Faktor für den Einsatz von LED. Im Folgenden werden die einzelnen Einflüsse und deren Auswirkungen auf den LED-Betrieb beschrieben.

Vorwärtsstrom in Abhängigkeit von Umgebungs-/Chiptemperatur

Zur Vermeidung einer Zerstörung der Gitterstruktur des Halbleiterbauelements muss die Temperatur des Kristallgitters unter 120°C bleiben. Dies bedeutet vor allem, dass in Abhängigkeit des Wärmewiderstandes von Chip zur Leiterplatte bzw. der Umgebung und der Verlustleistung innerhalb des Halbleiters durch strahlungslose Rekombination von Elektronen-Loch-Paaren, dem elektrischen Leitungswiderstand des Halbleiters und der Leckströme an Fehlstellen die maximale Stromstärke begrenzt ist.

Viele Hersteller übernehmen die Berechnung der maximalen Umgebungstemperaturen für die Anwender und legen in den Datenblättern entsprechende Diagramme ab. Anhand präziser vorgegebener Schaltungen wird der Wärmewi-

derstand der LED ermittelt und aus Dauerversuchen und Stresstest die endgültigen Betriebskennlinien abgeleitet. (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.8, 3)

Die Schaltungsentwickler müssen ihre maximale Umgebungstemperatur ermitteln und aus den Diagrammen die maximalen Betriebsströme ablesen. Unter Berücksichtigung dieser Kennlinien kann für farbige RGB-LEDs eine Lebensdauer von mindestens 10.000 h angenommen werden. Für blaue und weiße LEDs werden in den Datenblättern meist geringere Lebensdauer angesetzt bzw. mehrere Kennlinien angegeben.

Lichtstärke/-strom in Abhängigkeit des Vorwärtsstroms

Die Kennlinien der Halbleiterbauelemente sind nicht über den ganzen Betriebsbereich linear, d. h. die Lichtausbeute nimmt ab. Dazu gibt es zwei Gründe: die Reduzierung des Vorwärtsstromes und die Eigenerwärmung der LED.

Für Standard-LEDs ist die Eigenerwärmung aufgrund der geringen Leistung und der Bauform von untergeordneter Bedeutung, weil der Wärmewiderstand hauptsächlich durch die Anbindung der Pins an den Chip verursacht wird. Diese Nichtlinearität in Abhängigkeit von der Eigenerwärmung fällt vor allem für Leistungs- und Hochleistungs-LEDs ins Gewicht. Eine gute Wärmeableitung innerhalb des LED-Gehäuses ist hier die Voraussetzung für eine stabile und hohe Lichtausbeute.

Lichtstärke/-strom in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur

Mit einer Erhöhung der Umgebungstemperatur steigen der elektrische Innenwiderstand der Chips und die Ladungsträgerbeweglichkeit, sodass die Ladungsträgerdichten in der Raumladungszone und die Rekombinationswahrscheinlichkeit sinken.

Je geringer die Wellenlänge des emittierten Lichts, desto kleiner wird die Abhängigkeit von der Temperatur des Chips. Die Lage der Energie-Niveaus zueinander wird von der Temperatur nur wenig beeinflusst.

Zur Ermittlung der Strahlungstechnik sollten die drei soeben beschriebenen Betriebsparameter in der obigen Reihenfolge ausgewertet werden. Eine Standardvorgehensweise für die Dimensionierung von LED-Schaltungen kann nicht vorgegeben werden, weil zu viele Randparameter wie Platine, Platz, Umgebung,

Belüftung etc. mit zum Teil sehr unterschiedlichen Gewichtungen berücksichtigt werden müssen. (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.8, 3)

5.8 Anwendungen von LEDs

Seit mehr als 30 Jahren werden LEDs als Anzeigen- und Signallampen eingesetzt. Für die meisten Anwendungsgebiete der Allgemeinbeleuchtung waren sie bisher jedoch aus zwei Gründen nicht sinnvoll einsetzbar. Erstens waren LEDs nur in farbiger Ausführung erhältlich. Zweitens ließen die Lichtausbeuten von unter 10 lm/W einen wirtschaftlichen Einsatz nicht zu.

Das hat sich seit Ende der 1990-er Jahre geändert. Weiße LEDs drängen auf den Markt. Mit ihrer derzeitigen Lichtausbeute von 10 lm/W sind sie in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit bereits konkurrenzfähig zu einigen konventionellen Leuchtmitteln. Die heutige Dynamik in der Entwicklung der LEDs lässt vermuten, dass die Lichtausbeute in den kommenden Jahren verdoppelt bis verdreifacht werden kann, was ein noch breiteres Anwendungsfeld in der Allgemeinbeleuchtung erschließt. (Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.1, 1)

Für den Einsatz von LEDs sprechen die vielen Vorzüge der Leuchtdiode, wie ihre Kleinheit und Stabilität, der Betrieb unter Schutzkleinspannung, die definierte Abstrahlcharakteristik, UV- und IR-freies Licht sowie die hohe Effizienz und Lebensdauer.

LEDs werden in fast allen Farben und unterschiedlichen Bauformen hergestellt und sind bereits heute in den verschiedensten Anwendungsbereichen zu finden:

- Industrieanlagen, z. B. Schaltschränke und Messgeräte
- Fahrzeug- und Fahrradbeleuchtung, z. B. Armaturen, drittes Stopplicht oder Fahrradlicht
- Signalanlagen, z. B. Verkehrsampeln und Bahnsignale
- elektrische Geräte, z. B. HiFi-Anlagen, Computer und Haushaltsgeräte
- Telekommunikation, z. B. Hinterleuchtung von LCD-Anzeigen in Mobiltelefonen

- Allgemeinbeleuchtung, vor allem Not- und Sicherheitsbeleuchtung, Akzent- und Effektbeleuchtung
- Fassaden- und Außenbeleuchtung
- Lichtkunstobjekte
- Großflächige Anzeigetafel in Sportstätten
- Hinweistafeln im öffentlichen Verkehr
- Parkleitsysteme

Abbildung 25: Stadioncenter Wien



Abbildung 26: Sparkasse Lemgo

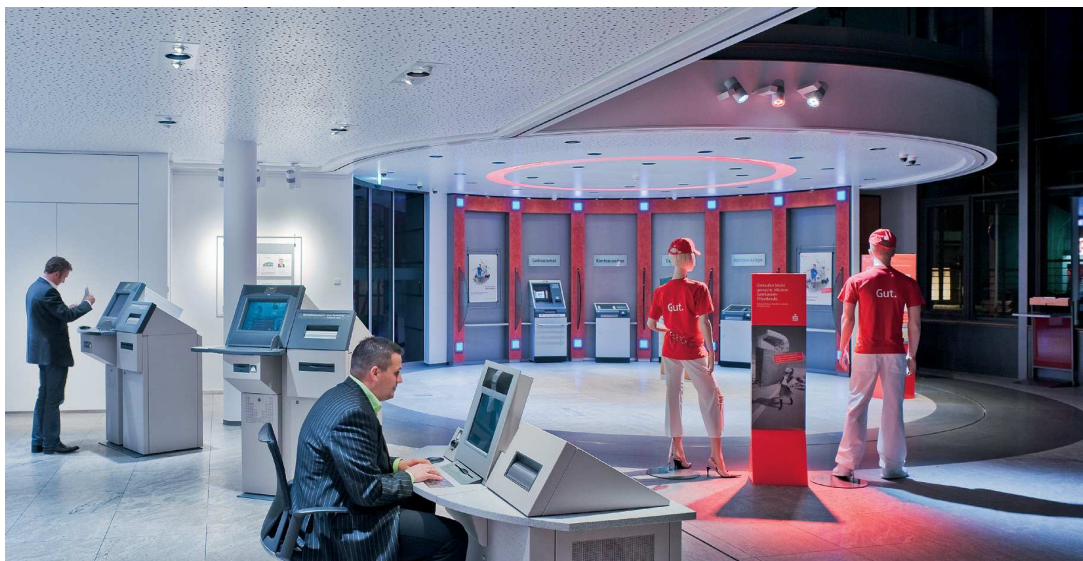


Abbildung 27: Wirtschaftskammer Seoul und Kunsthaus Bregenz

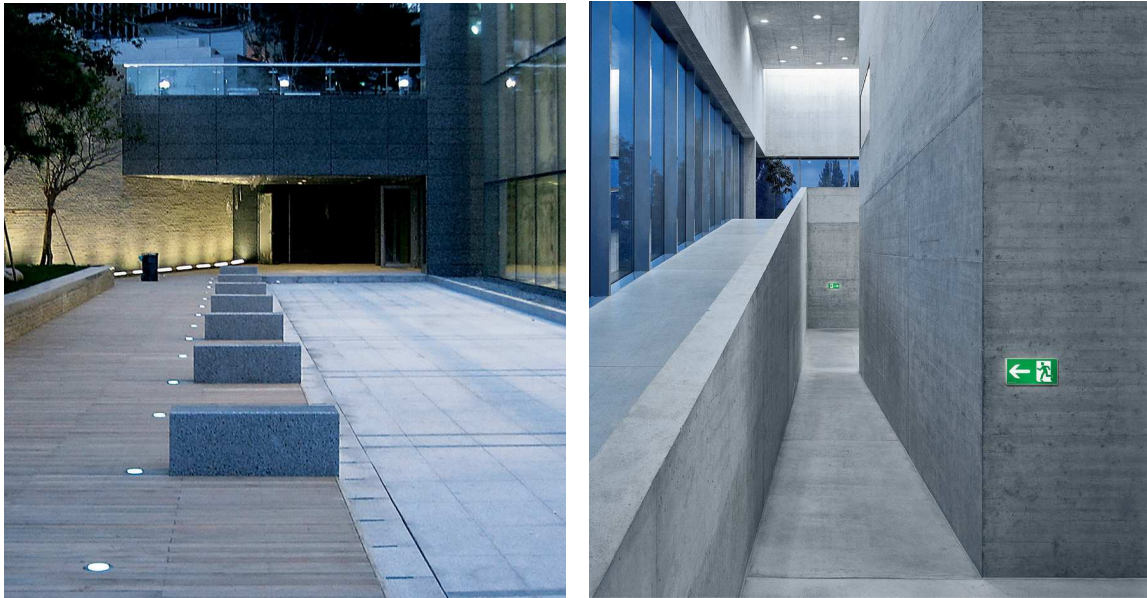
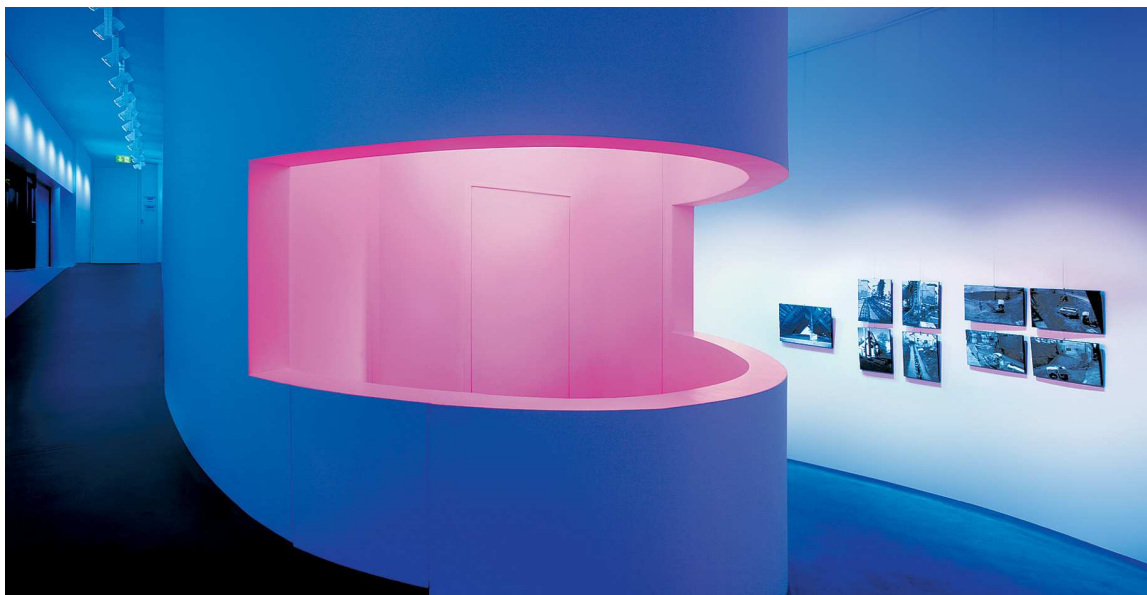


Abbildung 28: Restaurant Schramm's, Au in der Hallertau



Quelle: Zumtobel

5.9 Terminologie

TER: Leuchtdiode (f.)

DEF: Halbleiterdioden, die bei der Anlage einer Stromspannung in Durchlassrichtung Licht aussenden.

QUE: Hering/Martin, 73

SYN: Lumineszenzdiode

SYN: LED (light emitting diode), Licht emittierende Diode

ТЕР: Светоизлучающий диод (м.)

ОПР: Полупроводниковый прибор, преобразующий энергию электрического тока в световую, основой которого является излучающий кристалл.

ИСТ: Никифоров 2005, 176

СИН: СИД

СИН: СД

СИН: Светодиод (м.)

TER: Injektion (f.)

DEF: Vorgang an p-n-Übergängen beim Anlegen einer Spannung, bei dem eine Änderung der im Gleichgewichtszustand vorhandenen Dichten der Ladungsträger stattfindet und zu deren Anhäufung in Nähe der Grenzfläche führt.

QUE: <http://www.taschenlexikon.net> (01.09.2009)

SYN: Ladungsträgerinjektion (f.)

ТЕР: Инжекция (ж.)

ОПР: Физическое явление, наблюдаемое в полупроводниковых p-n-переходах, при котором при пропускании электрического тока в прямом направлении через p-n-переход в прилегающих к переходу областях создаются высокие концентрации неравновесных («инжектированных») носителей заряда.

ИСТ: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/641234> (01.09.2009)

TER: Diffusionslänge (f.)

DEF: Wegstrecke, die ein Ladungsträger in einem Halbleiter durch Diffusion zurücklegen kann, bis er am Ende seiner Lebensdauer rekombiniert.

QUE: <http://www.photon.de/old-stuff/pv-lexikon/lexikon-01.htm> (31.08.2009)

ТЕР: Диффузионная длина (ж.)

ОПР: Расстояние, которое преодолевает избыточный носитель заряда в полупроводнике, диффундируя за время своей жизни от места генерации.

ИСТ: Коган, 8

TER: Direkter Halbleiter (m.)

DEF: Halbleiter, in denen Elektronen und Löcher den gleichen Impuls haben und daher eine strahlende Rekombination möglich ist.

QUE: Hering/Martin, 71

ТЕР: Прямозонный полупроводник (м.)

ОПР: Полупроводник с одинаковым импульсом электронов и дырок.

ИСТ: Коган, 8

TER: Indirekter Halbleiter (m.)

DEF: Halbleiter, in denen Elektronen und Löcher verschiedene Impulse haben und daher eine strahlende Rekombination nicht möglich ist.

QUE: Hering/Martin, 71

ТЕР: Непрямозонный полупроводник (м.)

ОПР: Полупроводник с различным импульсом электронов и дырок.

ИСТ: Коган, 8

TER: Bandlücke (f.)

DEF: Der energetische Abstand zwischen Valenzband und Leitungsband eines Festkörpers.

QUE: Wagemann/Schmidt, 177

SYN: Bandabstand (м.)

SYN: Raumladungszone (ф.)

SYN: Verarmungszone

SYN: Sperrschicht (ф.)

SYN: Verbotene Zone (ф.)

SYN: Potenzialbarriere (ф.)

ТЕР: Запрещенная зона (ж.)

ОПР: Область значений энергии, которыми не может обладать электрон в идеальном (бездефектном) кристалле.

ИСТ: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/43182> (01.09.2009)

СИН: Потенциальный барьер (м.)

ТЕР: Электронно-дырочный переход (м.)

ОПР: Граница между областями с дырочной (р-) и электронной (n-) проводимостью.

ИСТ: Никифоров, 179

СИН: р-п-переход (м.)

ТЕР: Homo-Übergang (м.)

DEF: Grenzschicht zweier unterschiedlicher Halbleitermaterialien mit gleichen Bandlücken.

QUE: Wagemann/Schmidt, 179

ТЕР: Гомопереход (м.)

ОПР: Граница раздела двух полупроводников с одинаковой шириной запрещенной зоны.

ИСТ: Коган, 11

TER: Hetero-Übergang (m.)

DEF: Grenzschicht zweier unterschiedlicher Halbleitermaterialien mit unterschiedlichen Bandlücken.

QUE: Wagemann/Schmidt, 179

ТЕР: Гетеропереход (м.)

ОПР: Граница раздела двух полупроводников с различной шириной запрещенной зоны.

ИСТ: Коган, 11

TER: Rekombination (f.)

DEF: Platzwechsel der Elektronen und Löcher zwischen dem Valenz- und Leitungsband in einem Halbleitermaterial.

QUE: Hering/Martin, 70

TER: Strahlende Rekombination (f.)

DEF: Rekombination der Elektronen und Löcher, bei der die frei werdende Energie Photon bzw. Lichtquant abgegeben wird.

QUE: Hering/Martin, 70

ТЕР: Излучательная рекомбинация (ж.)

ОПР: Рекомбинация с испусканием одного или нескольких фотонов, при гибели электрон-дырочной пары; источник излучения в светодиодах и лазерных диодах.

ИСТ: Коган, 12

TER: Nicht strahlende Rekombination (f.)

DEF: Rekombination der Elektronen und Löcher, bei der die frei werdende Energie als Wärme abgegeben wird.

QUE: Hering/Martin, 70

ТЕР: Безизлучательная рекомбинация (ж.)

ОПР: Рекомбинация без испускания фотонов, протекающая в основном благодаря фононам.

ИСТ: Коган, 12

ТЕР: Interne Quantenausbeute (f.)

DEF: Anteil der strahlenden Rekombinationsvorgänge an der Gesamtrekombination.

QUE: Reisch, 328

SYN: Interner Quantenwirkungsgrad (m.)

ТЕР: Внутренний квантовый выход (м.)

ОПР: Отношение числа генерируемых в р-п-переходе квантов излучения к числу проходящих в единицу времени электронно-дырочных пар.

ИСТ: Айзенберг, 182

ТЕР: Externe (äußere) Quantenausbeute (f.)

DEF: Anteil der Rekombinationsvorgänge, die zu einem im Außenraum nachweisbaren Photon führen, an der Gesamtrekombination.

QUE: Hering/Martin, 72

SYN: Externer (äußerer) Quantenwirkungsgrad (m.)

ТЕР: Внешний квантовый выход (м.)

ОПР: Отношение числа квантов, выходящих из светодиода наружу, к числу электронно-дырочных пар, проходящих через р-п-переход.

ИСТ: Айзенберг, 182

ТЕР: Dotierung (f.)

DEF: Einbringen von Fremdatomen in einen Halbleiterkristall zur gezielten Veränderung der Leitfähigkeit.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.1, 3

ТЕР: Легирование (ср.) полупроводника

ОПР: Замещение собственных атомов полупроводника, расположенных в узлах кристаллической решетки, атомами легирующих примесей.

ИСТ: <http://edu.ioffe.ru/PTN/rus/PTNS/Sterms/doping.htm> (28.08.2009)

ТЕР: Epitaxie (f.)

DEF: Kristallerzeugungsverfahren, bei dem eine aufwachsende Materialschicht eine vom Substrat vorgegebene Kristallstruktur annimmt.

QUE: Wagemann/Schmidt, 191

Flüssigphasen~~

SYN: LPE, liquid phase epitaxy

Gasphasen~~

SYN: VPE, vapour phase epitaxy

Molekularstrahl~~

SYN: MBE, molecular beam epitaxy

ТЕР: Эпитаксия (ж.)

ОПР: Метод послойного выращивания одного кристаллического твердого тела на поверхности другого (называемого подложкой), при котором растущий кристалл наследует кристаллографическую структуру подложки.

ИСТ: <http://edu.ioffe.ru/PTN/rus/PTNS/Sterms/epi.htm> (28.08.2009)

~ жидкофазная

~ газофазная

~ молекулярно-пучковая

ТЕР: Wafer (m.)

DEF: Das in dünne Scheiben geschnittene Ausgangsmaterial zur Herstellung eines Halbleiterkristalls.

QUE: Wagemann/Schmidt, 188

ТЕР: Подложка (ж.)

ОПР: Исходный материал, поверхность которого подвергается различным видам обработки, в результате чего образуются слои с новыми свойствами или наращивается плёнка другого материала.

ИСТ: <http://edu.ioffe.ru/PTN/rus/PTNS/Sterms/epi.htm> (28.08.2009)

TER: Mischkristall (m.)

DEF: Lückenlose Verbindung aus mehreren Atomsorten.

QUE: Wagemann/Schmidt, 173

ТЕР: Поликристалл (м.)

ОПР: Твердое вещество, состоящее из множества мелких кристаллов неправильной формы.

ИСТ: <http://dic.academic.ru> (01.09.2009)

TER: Bedrahtete LED (f.)

DEF: LED, deren Kontaktdrähte durch die Leiterplatte durchgezogen und auf der Rückseite verlötet werden.

QUE: <http://www.led-info.de>

SYN: Radiale LED (f.)

ТЕР: Выводной светодиод (м.)

ОПР: Светодиод, выводы которого припаиваются на обратной стороне платы.

ИСТ: <http://www.expertunion.ru> (01.09.2009)

СИН: Светодиод выводного монтажа

TER: SMD-LED (f.)

DEF: LED, die mit ihrem Gehäuse direkt auf die Leiterplatten gelötet wird.

QUE: LED-Guide, 5

ТЕР: Светодиод плоскостного монтажа (м.)

ОПР: Монтаж светодиода непосредственно на печатной плате, образующей конструкцию очень малой толщины (1 – 2,2 мм).

ИСТ: Айзенберг, 181

СИН: Светодиод SMD-монтажа (м.)

ТЕР: COB-LED (f.)

DEF: LED, derer Chip direkt auf die Leiterplatten geklebt wird.

QUE: LED-Guide, 5

ТЕР: Светодиод встроенного монтажа

ОПР: Бескорпусный светодиод, монтируемый непосредственно на плате.

ИСТ: http://www.tech-e.ru/pdf/2005_06_71.pdf (31.08.2009)

СИН: Чип-на-плате

СИН: Светодиод COB-монтажа (м.)

ТЕР: Hochleistungs-LED (f.)

DEF: LEDs, die mit Strömen ab 200mA betrieben werden.

QUE: <http://www.led-info.de/produktrecherche/led/hochleistungs-led.html>
(01.09.2009)

SYN: Power-LED (f.)

ТЕР: Мощный светодиод (м.)

ОПР: Светодиод с номинальной силой тока выше 350 mA.

ИСТ: <http://www.expertunion.ru> (01.09.2009)

ТЕР: Organische LED (f.)

DEF: LED, in der der p-n-Übergang aus organischen Molekülen aufgebaut ist.

QUE: Gärditz, 2

SYN: OLED (f.)

ТЕР: Органический светодиод

ОПР: Многослойные тонкоплёночные структуры, изготовленные из органических соединений, которые эффективно излучают свет при пропускании через них электрического тока.

ИСТ: Айзенберг, 181

ТЕР: LED-Modul (n.)

DEF: Eine oder mehrere LEDs auf einer vorgefertigten Platine bestimmter Geometrie mit Zuleitungen und anschlussfertig verdrahtet.

QUE: <http://www.led-info.de/produktrecherche/komponenten/led-module.html>

(31.08.2009)

lineares ~ (Streifemodul)

Kettenmodul

flächiges ~

ТЕР: Светодиодный модуль (м.)

ОПР: Металлическая конструкция (рама), в которую крепятся светодиодные матрицы, блоки питания и приемная плата для управления модулем.

ИСТ: <http://www.vids.ru/articles/glossary2> (01.09.2009)

Светодиодная линейка

Светодиодная гирлянда

Светодиодный кластер

ТЕР: Konverter (m.)

DEF: Netzteil, das die Netzspannung transformiert und gleichrichtet.

QUE: <http://www.led-info.de/produktrecherche/komponenten/led-ansteuerung.html>

(31.08.2009)

ТЕР: Драйвер (м.)

ОПР: Специально разработанная микросхема для питания и управления светодиодами.

ИСТ: <http://www.radiodetali.com> (01.09.2009)

СИН: Источник питания

СИН: Источник тока

СИН: Регулятор

ТЕР: Binning (n.)

DEF: Sortieren von LEDs nach bestimmten Kriterien, wie z. B. Helligkeit, Farbort, Lichtstrom oder Vorwärtsspannung.

QUE: LEDS control light, 76

ТЕР: Биновка (ж.)

ОПР: Разбиение светодиодов по техническим характеристикам на узкие диапазоны в процессе производства.

ИСТ: <http://www.radiodetali.com> (01.09.2009)

ТЕР: Strom-Spannungskennlinie (f.)

DEF: Kennzahl, die den Zusammenhang zwischen Strom und Spannung bei zweipoligen elektronischen Bauelementen, darunter auch bei Dioden, beschreibt.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.2

SYN: Strom-Spannungskurve (f.)

SYN: I-U-Charakteristik (f.)

ТЕР: Вольт-амперная характеристика (ж.)

ОПР: Зависимость напряжения от тока или тока от напряжения на участке электрической цепи.

ИСТ: ГОСТ 19880-74 (п. 87)

ТЕР: Durchlassstrom (m.)

DEF: Der dauerhafte Strom in Durchlassrichtung. Bemessungswert bei 25 °C Umgebungstemperatur.

QUE: Begriffe für LED (ZVEI)

SYN: Vorwärtsstrom (m.)

ТЕР: Прямой ток (м.)

ОПР: Значение постоянного тока, протекающего через диод в прямом направлении.

ИСТ: <http://www.galsltd.ru> (01.09.2009)

ТЕР: Durchlassspannung (f.)

DEF: Die zur Durchlassrichtung gehörende Potentialdifferenz in Abhängigkeit vom Durchlassstrom. Bemessungswert bei 25 °C Umgebungstemperatur.

QUE: Begriffe für LED (ZVEI)

SYN: Vorwärtsspannung (f.)

ТЕР: Прямое напряжение

ОПР: Падение напряжения на диоде при протекании через него среднего прямого тока.

ИСТ: ИСТ: <http://www.galsltd.ru> (01.09.2009)

ТЕР: Sperrspannung (f.)

DEF: Spannung, mit der die Diode in Sperrrichtung – bei falscher Spannungspolarität – ohne Schaden belastet werden darf.

QUE: Handbuch für Beleuchtung, I – 6.13.2

ТЕР: Обратное напряжение (ср.)

ОПР: Значение напряжения, приложенного в обратном направлении, которое диод может выдержать в течение длительного времени без разрушения.

ИСТ: <http://www.galsltd.ru> (01.09.2009)

TER: Halbwertswinkel (f.)

DEF: Der Winkel zwischen zwei gedachten Linien, die in einer Ebene durch die optische Achse liegen, durch die Mitte der Lampenausstrahlungsfläche und durch Punkte gehen, in denen die Lichtstärke 50% der Axiallichtstärke beträgt.

QUE: Begriffe für LED (ZVEI)

ТЕР: Угол излучения половинной яркости (ж.)

ОПР: Сектор диаграммы, в пределах которого интенсивность излучения составляет не менее половины максимального значения.

ИСТ: <http://www.galsltd.ru> (01.09.2009)

СИН: Угол обзора (м.)

TER: Degradation (f.)

DEF: Kontinuierliche Abnahme der Intensität der Emissionsstrahlung einer unter konstanten Bedingungen betriebenen Lumineszenzdiode.

QUE: <http://www.led-info.de/grundlagen/leuchtdioden/alterung.html> (01.09.2009)

ТЕР: Деградация (ж.)

ОПР: Снижение яркости светодиода более, чем на 50%.

ИСТ: <http://www.galsltd.ru> (01.09.2009)

TER: ESD-Festigkeit (f.)

DEF: Statische Spannungsfestigkeit zwischen Bedienteil und leitendem Material des Schaltgeräts.

QUE: Internationales elektrotechnisches Wörterbuch

ТЕР: Чувствительность к электростатическому разряду (ж.)

ОПР: Устойчивость компонентов полупроводника к воздействию электростатического разряда.

ИСТ: Горлов

TER: Peak-Wellenlänge (f.)

DEF: Wellenlänge des Maximums der spektralen Verteilung, gemessen bei Umgebungstemperatur von 25° C.

QUE: Begriffe für LED (ZVEI)

ТЕР: Пиковая длина волны (ж.)

ОПР: Длина волны максимальной спектральной интенсивности.

ИСТ: <http://www.galsltd.ru> (01.09.2009)

ТЕР: Dominante Wellenlänge (f.)

DEF: Wellenlänge der Spektralfarbe, die, wenn in geeigneten Proportionen additiv mit dem Unbuntpunkt gemischt, mit der betrachteten Farbvalenz zusammenfällt.

QUE: Begriffe für LED (ZVEI)

ТЕР: Доминирующая длина волны (ж.)

ОПР: Длина волны, на которой светодиод излучает максимум светового потока.

ИСТ: <http://www.galsltd.ru> (01.09.2009)

СИН: Спектральный максимум (м.)

ТЕР: Betriebslebensdauer (f.)

DEF: Zeitspanne, nach der bei konstant gehaltenem Durchlassstrom die Intensität der Emission einer LED auf die Hälfte des Anfangswertes abgesunken ist.

QUE: <http://www.led-info.de/grundlagen/leuchtdioden/alterung.html> (31.08.2009)

ТЕР: Срок эксплуатации (м.)

ОПР: Время, в течении которого световой поток деградирует до 50% от начальной величины.

ИСТ: <http://www.expertunion.ru/istochniki-sveta/srok-sluzhbyi-svetodiodov.html> (01.09.2009)

TER: Puls-Weiten-Modulation (f.)

DEF: Pulssteuerung, bei der die Pulsbreite die Pulsfrequenz innerhalb einer Grundgeschwindigkeitsdauer so moduliert wird, dass sich am Ausgang eine bestimmte Schwingungsform ergibt.

QUE: Internationales elektrotechnisches Wörterbuch

SYN: PWM (f.)

ТЕР: Широтно-импульсная модуляция (ж.)

ОПР: Приближение желаемого сигнала (многоуровневого или непрерывного) к действительным бинарным сигналам так, что, в среднем, за некоторый отрезок времени, их значения равны.

ИСТ: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/29402> (30.08.2009)

СИН: ШИМ

6 Anhang

6.1 Internationales Lampenbezeichnungssystem ILCOS (D – R)

Международная система обозначений типов и модификаций источников света (Технический доклад МЭК 1231.1993-07)⁹

I – Glühlampen / Лампы накаливания (ЛН)

IA	Größere Lampen	Крупногабаритные (диаметр > 45 мм)
IB	Kompaktlampen	Средне- и малогабаритные (диаметр ≤ 45 мм)
IN	Andere Lampen ohne Reflektor	Прочие (без отражателей)
I_A	Birnenförmige Lampen	С грушевидной колбой
I_B	Kerzen	Со свечевидной колбой
I_G	Kugelförmige Lampen	С трубчатой цилиндрической колбой
I_M	Pilzförmige Lampen	С грибовидной колбой
I_P	Kugelförmige Lampen	С круглой цилиндрической колбой
IR	Reflektorlampen	Зеркальные (с внутренним отражающим слоем)
IRR	Normale Reflektorlampen	Обычные зеркальные
IRA	Birnenförmige Spiegellampen	Зеркальные с грушевидной колбой
IRP		Со сферическим зеркалированным куполом
IPAR	Normale PAR-Lampen	Зеркальные в прессованной колбе (типа PAR)
IPARD	PAR-Kaltlichtspiegellampen	Зеркальные типа PAR с дихроичным отражающим слоем

⁹ Nach Айзенберг, 933 – 936

Kolbenfarben / Цвет и фактура стекла колбы

/bu	Blau	Синяя
/c	Klar	Бесцветная
/gd	Gold, goldfarbig	Под «золото»
/gr	Grün	Зеленая
/na	Natürliche Farben	Из неодимового стекла
/og	Orange	Оранжевая
/op	Opal	Опаловая, молочная
/rd	Rot	Красная
/sr	Silberfarbig	Под «серебро»
/vt	Violett	Фиолетовая
/wh	Weiß	Белая
/ye	Gelb	Желтая

Wendel- und Lichtbogenformen / Тело накала

ax	Axial	Аксиальное
tr	Transversal	Поперечное
//sp	Stoßfest	Для тяжелых условий эксплуатации (виброударопрочные)

H – Halogen-Glühlampen (HL) / Галогенные лампы накаливания (ГЛН)

HS	Einseitig gesockelte HL	1-цокольные
HD	Zweiseitig gesockelte HL	2-цокольные
HR	Kaltlichtspiegel -HL	Зеркальные с внешним дихроичным стеклянным отражателем
HM	HL mit Metallreflektor	Зеркальные с внешним стеклянным алюминированным отражателем
HI	Einseitig gesockelte HL mit integrier- tem Metallreflektor	1-цокольные с внутренним металлическим отражателем
H_P	Projektion	Для СП проекторного типа
H_S	Studio/Foto	Для фото-, кино- и видеосъемок
H_F	Flutlicht	Для ОП заливающего света
H_A	Flugplatzbeleuchtung	Для аэродромных сигнальных СП
H_T	Verkehrssignallampen	Для дорожно-транспортных сигнальных СП

H_G	Allgebrauchs-HL	Общего назначения
H_I	Reflektorlampen mit integrierter Frontscheibe	Зеркальные в фронтальном стеклом
HE	Einseitig gesockelte HL mit dem Brenner im Außenkolben	С горелкой во внешней колбе, 1-цокольные
HEGB	Kerzenförmige	С внешней колбой свечевидной формы
HEGT	Röhrenförmige	С внешней трубчатой колбой
HEGP	Normale PAR-HL	С горелкой в прессованной зеркальной колбе типа PAR
HEGPARD	PAR-Kaltspiegel-HL	С прессованной колбой типа PAR и дихроичным зеркальным слоем

F – Leuchtstofflampen / Люминесцентные лампы (ЛЛ)

FD	Zweiseitig gesockelte stabförmige Lampen	Линейные 2-цокольные
FDH	Für Hochfrequenzvorschaltgeräte	Только для работы с высокочастотными ПРА
FU	U-förmige	U-образные
FC	Ringförmige Lampen	кольцевые
FS	Einseitig gesockelte Lampen	1-цокольные ЛЛ, компактные (КЛЛ)
FSD	Einseitig gesockelte, Doppelform-lampen	2-трубчатые (1-канальные)
FSQ	Einseitig gesockelte, Vierfachform-lampen	4-трубчатые (2-канальные)
FSS	Quadratische Doppelformlampen	«квадратные» КЛЛ (типа «2D»)
FSM	Einseitig gesockelte, Vielfachform-lampen	Многоканальные КЛЛ
FSG	Kugelförmige	КЛЛ со сферической внешней колбой
FS_H	Für Hochfrequenzvorschaltgeräte	Только для работы с высокочастотным электронным ПРА
FB	Lampen mit eingebautem Vorschaltgerät, röhrenförmig	КЛЛ со встроенным ПРА
FBT	Lampen mit eingebautem Vorschaltgerät, kugelförmig	КЛЛ со встроенным ПРА и цилиндрической внешней колбой
FBC	Lampen mit eingebautem Vorschaltgerät, ringförmig	КЛЛ со встроенным ПРА - кольцевые

FBG	Lampen mit eingebautem Vorschaltgerät, kugelförmig	КЛЛ со встроенным ПРА и сферической внешней колбой
FBR	Lampen mit eingebautem Vorschaltgerät und Reflektor	КЛЛ со встроенным ПРА и внешним отражателем

S – Natriumdampf-Hochdrucklampen / Натриевые лампы высокого давления (НЛВД)

ST	Röhrenförmig, klar	С трубчатой бесцветной колбой
SE	Lampen mit Ellipsoidkolben, lichtstreuend	С эллипсоидной колбой и диффузно рассеивающим покрытием
SC	Lampen mit Ellipsoidkolben, klar	С эллипсоидной бесцветной колбой
SD	Zweiseitig gesockelte Lampen, klar	2-цокольная («софитная»)
SR	Lampen in Reflektorausführung	С внутренним отражателем
S_Q	Lampen für Quecksilberdampf-Hochdrucklampen-Geräte	Для замены ламп типа ДРЛ (без замены ПРА в уличных и промышленных светильниках)
S_M	Lampen farbverbessert	С исправленной цветностью излучения
S_H	Lampen mit hohem Farbwiedergabeindex	В высоком индексе светопередачи
S_T	Mit zwei Außenbrennern	С двумя автономными горелками

L – Natriumdampf-Niederdrucklampen / Натриевые лампы низкого давления (НЛНД)

LS	Einseitig gesockelte Lampen	1-цокольные (с U-образной горелкой)
LD	Zweiseitig gesockelte Lampen	2-цокольные (с линейной горелкой)
LSE	Einseitig gesockelte Lampen, E-Typ	1-цокольные типа «Е» (для включения с гибридным ПРА)

Q – Quecksilberdampf-Hochdrucklampen / Ртутные лампы высокого давления (РтЛВД)

QT	Röhrenförmige Lampen, klar	В цилиндрической бесцветной колбе
QE	Lampen mit Ellipsoidkolben, lichtstreuend	В эллипсоидной колбе с люминофором
QC	Lampen mit Ellipsoidkolben, klar	В эллипсоидной бесцветной колбе

QG	Kugelförmige Lampen, lichtstreuend	В сферической колбе с люминофором
QR	Lampen in Reflektorausführung	С внутренним отражающим слоем
QB	Lampen mit eingebautem Vorschaltgerät	Со встроенным ПРА
QBR	Lampen mit eingebautem Vorschaltgerät und Reflektor	Со встроенным ПРА и внутренним отражающим слоем

M – Halogen-Metaldampflampen / Металлогалогенные лампы (МГЛ)

MT	Röhrenförmige Lampen, klar	В бесцветной цилиндрической колбе
ME	Lampen mit Ellipsoidkolben, lichtstreuend	В эллипсоидной колбе с люминофором в колбе типа «ВТ»
MC	Lampen mit Ellipsoidkolben, klar	В бесцветной эллипсоидной колбе или в колбе типа «ВТ»
MR	Lampen in Reflektorausführung	С внутренним отражающим слоем
MD	Zweiseitig gesockelte Lampen mit klarem Außenkolben	2-цокольная («софитная») во внешней колбе
MN	Zweiseitig gesockelte Lampen ohne Außenkolben	2-цокольная («софитная») без внешней колбы

X – Spezial-Lampen / Специальные источники оптического излучения

XX	Xenon-Hochdrucklampen	Ксеноновые лампы ВД и СВД
XIR	IR-Strahler	ИК-излучатели
XUV	UV-Strahler	УФ-излучатели
XFD	Spezielle Leuchtstofflampen	ЛЛ со специальным спектром излучения (например, бактерицидного и эритемного действия)

6.2 Halbleitermaterialien zur LED-Erzeugung (D – R)

Chemische Formel	Bezeichnung D	Bezeichnung R
GaAs	Galliumarsenid	Арсенид галлия
GaN	Galliumnitrid	Нитрид галлия
GaP	Galliumphosphid	Фосфид галлия
SiC	Siliziumcarbid	Карбид кремния
ZnS	Zinksulfid	Сульфид цинка
GaAs:Si	Siliziumgalliumarsenid	Арсенид галлия, легированный кремнием
GaAs:Zn	Zinkgalliumarsenid	Арсенид галлия, легированный цинком
GaP:ZnO	Galliumphosphid mit Zinkoxid dotiert	Фосфид галлия, легированный цинка и кислородом
In _{0,6} Ga _{0,4} P	Indiumgalliumphosphid	Фосфид индия галлия
Ga _{0,65} Al _{0,35} As:Zn	Galliumaluminiumarsenid mit Zink dotiert	Арсенид галлия алюминия, легированный цинком
AlInGaP	Aluminiumindiumgalliumphosphid	Фосфид алюминия галлия
GaAs _{0,35} P _{0,65} :N	Galliumarsenphosphid mit Natrium dotiert	Фосфид галлия арсена, легированный натрием
In _{0,4} Ga _{0,6} P	Indiumgalliumphosphid	Фосфид индия галлия
GaP:N	Galliumphosphid mit Natrium dotiert	Фосфид галлия, легированный натрием
ZnS	Zinksulfid	Сульфид цинка
Al ₂ O ₃	Aluminiumoxid (Saphir)	Оксид алюминия (сапфир)

7 Literaturverzeichnis

7.1 Literatur zur Fachsprachenforschung

Arntz, Reiner / Picht, Heribert / Mayer, Felix. 2004. *Einführung in die Terminologearbeit*. Hildesheim – Zürich – New York: Georg Olms Verlag.

Bruns, Thomas. 2001. *Russische Internet-Terminologie unter vergleichender Berücksichtigung des Französischen und des Deutschen*. Frankfurt am Main; Wien: Lang.

Felber, Helmut / Budin, Gerhard. 1989. *Terminologie in Theorie und Praxis*. Tübingen: Günter Narr Verlag.

Fleischmann, Eberhard. 1996. *Zur Entwicklung von Terminologie und Nomenklatur am Beispiel von Neologismen im medizinischen Russischen*. In: Morgenroth (Hg.) 1996: S. 173-188.

Fleischmann, Eberhard. 2007. *Postsowjetisches Russisch : eine Studie unter translatorischem Aspekt*. Frankfurt am Main; Wien: Lang.

Grinev, Sergey. 1996. *Terminology and Nomenclature in Russian Terminology Science*. In: Morgenroth: 1996.

Hohnhold, Ingo. 1990. *Übersetzungsorientierte Terminologearbeit. Eine Grundlegung für Praktiker*. Stuttgart: InTra, 1. Fachübersetzungsgenossenschaft AG.

Horn-Helf, Brigitte. 1999. *Technisches Übersetzen in Theorie und Praxis*. Tübingen: Francke.

Schmitt, Peter. 2006. *Translation und Technik*. 2. Aufl. Tübingen: Stauffenburg-Verl.

7.2 Wörterbücher und Nachschlagewerke

Ajzenberg, J. B. (Hg.) 2006. *Справочная книга по светотехнике* / под ред. Ю. Б. Айзенберга, 3-е изд. перераб. и доп., М.: Знак, 2006 / Handbuch für Lichttechnik. 3. überarb. und erw. Ausgabe. Moskau: Znak.

Baer, Roland (Hg.) 2006. *Grundlagen der Beleuchtungstechnik*. 3., vollständig überarbeitete Auflage. Berlin: HUSS-Medien GmbH.

Gärditz, Christoph. 2007. *Organische Leuchtdioden für Beleuchtungszwecke*. Univ. Erlangen-Nürnberg, Diss.

Gorlov M. I., *Статическое электричество и полупроводниковая электроника* In: «Природа», 12/2006.

Hering, Ekbert / Martin, Rolf. 2006. *Photonik – Grundlagen, Technologie und Anwendung*. 1. Aufl. Berlin – Heidelberg – New York: Springer.

Международный светотехнический словарь – Международная Комиссия по освещению, Комитет по участию СССР в международных энергетических объединениях, Главная редакция иностранных научно-технических словарей Физматгиза, Москва 1963 / Internationales Wörterbuch der Lichttechnik (russische Ausgabe). 1963. Moskau: Internationale Beleuchtungskommission (CIE) und Ausschuss für die Teilnahme der UdSSR an den internationalen Energiegremien.

Kogan L. M. 1983. *Полупроводниковые светоизлучающие диоды*. Москва, Энергоатомиздат

Lange, Horst (Hg.) 2009. *Handbuch für Beleuchtung*. 5. Aufl. ecomed SICHERHEIT.

LED-Guide – Planung- und Installationsleitfaden. 2008. Zumtobel.

Lutz, Josef (Hg.) 2006. *Halbleiter-Leistungsbaulemente – Physik, Eigenschaften, Zuverlässigkeit*. Berlin – Heidelberg – New York: Springer.

Müller, Jens (Hg.) 2006. *Handbuch der Lichttechnik. Formeln, Tabellen und Praxiswissen*. 3. aktualisierte und erweiterte Auflage. Zwickau: Westermann Druck.

Nikiforow, Sergej. 2005. *Проблемы, теория и реальность светодиодов для современных систем отображения информации высшего качества*. In: Компоненты и технологии, 5'2005, 176-185.

Reisch, Michael. 2005. *Halbleiter-Bauelemente*. Berlin – Heidelberg – New York: Springer.

Schenke, G. 2006. *Beleuchtungstechnik*. FB Technik, Abt. E + 1.

Terpigorev A. M. (Hg.) 2002. *Терминология светотехники*: Выпуск 48. Под общей редакцией академика А. М. Терпигорева. 2-е издание. – М.: ЭТС. – 2002 / Terminologie der Lichttechnik: Heft 48. 2. Ausgabe. Moskau: ETS.

Wagemann, Hans-Günther. 1997. *Grundlagen der optoelektronischen Halbleiterbauelemente*. Stuttgart: Teubner.

Wörterbuch Lichttechnik: englisch, deutsch, französisch, russisch. 1990. Zimmermann, Ralf (Hg.). Berlin, Offenbach: vde-Verlag.

ГОСТ 19880-74 "ЭЛЕКТРОТЕХНИКА. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ. Термины и определения", Минск 2000 / Staatliche Norm 19880-77. 2000. „Elektrotechnik Grundbegriffe. Termini und Definitionen“. Minsk.

7.3 Web-Quellen

<http://www.led-info.de>

<http://www.techniklexikon.net>

<http://dic.academic.ru>

<http://edu.ioffe.ru/PTN/rus/PTNS/Sterms>

<http://www.expertunion.ru>

http://www.fonetix.ru/de/public_.php?num0=0002

<http://www.galsltd.ru>

<http://www.glossary.ru>

<http://e-lingvo.net/files/list/30/2>

<http://www.radiodetali.com>

<http://www.trworkshop.net/forum/viewtopic.php?f=43&t=16829>

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gesamtspektrum der elektromagnetischen Strahlung	25
Abbildung 2: Aufbau des Auges	28
Abbildung 3: CIE-Farbtafel	33
Abbildung 4: Additive Farbmischung	35
Abbildung 5: Aufbau einer Glühlampe	66
Abbildung 6: Formen von Glühlampen für 230 V	67
Abbildung 7: Wolfram-Jod-Kreisprozess	68
Abbildung 8: Verschiedene Typen von Halogenglühlampen	69
Abbildung 9: Lichterzeugung in einer Gasentladungslampe	70
Abbildung 10: Aufbau einer Natriumdampf-Niederdrucklampe	72
Abbildung 11: Verschiedene Formen von Leuchtstofflampen	73
Abbildung 12: Aufbau einer Quecksilberdampf-Hochdrucklampe	74
Abbildung 13: Quecksilberdampf-Hochdrucklampen	75
Abbildung 14: Formen von Quecksilberdampf-Hochdrucklampen	76
Abbildung 15: Aufbau eines p-n-Überganges	93
Abbildung 16: Schematischer Aufbau einer LED	98
Abbildung 17: Bedrahtete LEDs	99
Abbildung 18: SMD-LED	99
Abbildung 19: COB-LED	100
Abbildung 20: Hochleistungs-LED	101
Abbildung 21: Organische LED	101
Abbildung 22: Einige Bauformen der LED-Module	103
Abbildung 23: Konverter	103
Abbildung 24: Bestimmung der dominanten Wellenlänge im CIE-Farbdreieck	110
Abbildung 25: Stadioncenter Wien	115
Abbildung 26: Sparkasse Lemgo	115
Abbildung 27: Wirtschaftskammer Seoul und Kunsthaus Bregenz	116
Abbildung 28: Restaurant Schramm's, Au in der Hallertau	116

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wellenbereiche der optischen Strahlung	26
Tabelle 2: Testfarben für die Bestimmung des Farbwiedergabeindexes	36
Tabelle 3: Lichtausbeuten verschiedener Lichtquellen	38
Tabelle 4: Leuchtdichten einiger Lichtquellen	39
Tabelle 5: Beispiele für Beleuchtungsstärken	39
Tabelle 6: Reflexionsgrade verschiedener Stoffe	40
Tabelle 7: Transmissionsgrade verschiedener Stoffe	41
Tabelle 8: Absorptionsgrad einiger Stoffe	41
Tabelle 9: Leistungsvergleich verschiedener Hochdrucklampen	76
Tabelle 10: Einseitige Sockel	78
Tabelle 11: Einige Halbleitermaterialien und Dotierungen zur LED-Erzeugung	105

10 Abkürzungen

AT	Ausgangstext
CIE	Commission Internationale de l'Éclairage Internationale Beleuchtungskommission
COB	Chip-on-board
ILCOS	International Lamp Coding System
IR	Infrarot-
LBS	Lampenbezeichnungssystem von ZVEI
LED	Light Emitting Diode, Leuchtdiode
LVK	Lichtstärkeverteilungskurve
OLED	Organic Light Emitting Diode, organische LED
PWM	Puls-Weiten-Modulation
SMD	Surface Mounted Device
UV	Ultraviolett-
ZT	Zieltext
ГЛН	галогенная лампа накаливания
ИЗУ	импульсное зажигающее устройство
ИК	инфракрасное (излучение)
КЛЛ	компактная люминесцентная лампа
КПД	коэффициент полезного действия
КСС	кривая силы света
ЛЛ	люминесцентная лампа
ЛН	лампа накаливания
МГЛ	металлогалогенная лампа
МКО	Международная комиссия по освещению
НЛВД	натриевая лампа высокого давления
НЛНД	натриевая лампа низкого давления
ПРА	пускорегулирующий аппарат
РЛВД	разрядная лампа высокого давления
РЛНД	разрядная лампа низкого давления
РЛСВД	разрядная лампа сверхвысокого давления
СИД, СД	светодиод
УФ	ультрафиолетовое (излучение)

Diplomarbeit „Russisch-deutsche Terminologie der Lichttechnik unter besonderer Berücksichtigung der LED-Technologie“ (Abstract)

Verfasser: MMag. (FH) Marianna Holub

Studienkennzahl: A 325 331 342

Studienrichtung: Dolmetscherausbildung

Betreuer: Univ.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Budin

Als Mitte der 90-er Jahre des vergangenen Jahrhunderts zahlreiche ausländische Beleuchtungsanbieter den geöffneten russischen Markt zu erkunden begannen, stieg einerseits der Bedarf an lichttechnischen Übersetzungen um das Vielfache. Andererseits mussten Vertriebsmitarbeiter der vielen neu gegründeten privaten Beleuchtungsfirmen in Russland, die kein lichttechnisches Fachwissen besaßen, geschult werden. In terminologischer Hinsicht stellten das „Entziffern“ der für das Fachrussische typischen komplizierten Abkürzungen und die Zuordnung der dahinter verborgenen Sachinhalte die größte Schwierigkeit dar. Nicht alle Firmen konnten oder wollten technische Berater und professionelle Fachübersetzer heranziehen, um angehende Manager und Kundenbetreuer mit den Feinheiten des Fachwortschatzes vertraut zu machen. Infolgedessen entstand abseits der akademischen Terminologieforschung ein Wildwuchs an neuen Begriffen, die von lichttechnischen Amateuren erschaffen waren und in Extremfällen nur in einem Unternehmen den Gebrauch fand. Aufgrund seiner Marknähe prägte und prägt in Russland genau dieses terminologische „Paralleluniversum“ die moderne lichttechnische Fachsprache in der Praxis maßgeblich.

Das Ziel der vorliegenden Diplomarbeit ist es, eine Brücke zwischen der akademischen Fachsprache der Lichttechnik und der Fachsprache der modernen Lichtanwendung im Deutschen und Russischen zu schlagen. Im theoretischen Kapitel werden Grundprinzipien der Terminusbildung in der modernen deutschen und russischen Fachsprache der Technik erläutert.

Drei darauffolgende praktische Kapitel befassen sich mit der speziellen Terminologie drei ausgewählter Bereiche der Lichttechnik: lichttechnische Grundbegriffe, konventionelle Lichtquellen (Wärmestrahler) und Leuchtdioden.

Im Mittelpunkt der Untersuchung steht die LED-Technologie, eines der modernsten und zukunftsweisenden Segmente der Lichttechnik. Die intensive Forschung auf dem Gebiet der Halbleitertechnik der letzten 30 Jahre schlägt sich sowohl im Deutschen als auch im Russischen in der im Vergleich zu den konventionellen Leuchtmitteln höheren Dynamik der Fachterminologie.

Zum einen zeigt sich das in der geringeren Normierung dieses Fachsprachensegments in beiden Sprachen: In großen lichttechnischen Wörterbüchern, Lexika und Standard-Terminologielisten ist das Thema „LED“ gering bis gar nicht vertreten. Zum anderen fällt in der deutschen und russischen LED-Terminologie eine hohe Anzahl von Doubletten und Entlehnungen, hauptsächlich aus dem Englischen, auf. Darüber hinaus weisen russische LED-Termini die für das Russische unübliche Tendenz für Getrenntschreibung der unmittelbaren Konstituenten eines Kompositums, z. B. *SMD монтаже* oder *pn переход*. Diese Unregelmäßigkeiten sind ein Zeichen eines terminologischen Wandels. Sie sind jedoch je nach Fachsprachensbereich unterschiedlich stark ausgeprägt und nehmen von der Verkäufersprache über die Technikersprache bis hin zur Wissenschaftssprache ab.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind pro Kapitel in Form eines deutsch-russischen Glossars dargestellt, der eine Hilfe für Übersetzungen im Bereich Lichttechnik bieten soll. Zur Erarbeitung des Glossars dienten originalsprachige Lexika, Fachzeitschriften, wissenschaftliche Monografien und – bis zu einem gewissen Grad – auch terminologische Sammlungen internationaler Beleuchtungsanbieter. Darüber hinaus sind im Anhang deutsch-russische Nomenklaturlisten zu den konventionellen Leuchtmitteln und LEDs angeführt.

PERSÖNLICHE DATEN

Name: MMag. (FH) Marianna Holub
Adresse: Fellentorweg 2, A – 6971 Hard
Tel. (mobil): 0681/105 16 418
E-Mail: marianna.holub@zumtobel.com
Geburtsdatum- und Ort: 25. Dezember 1970, Moskau
Staatsbürgerschaft: Österreich

AUSBILDUNG

Sept. 1998 – Aug. 2002 Fachhochschulen des BFI Wien, Studienlehrgang
„Europäische Wirtschaft- und Unternehmensführung“
(berufsbegleitend): Internationale BWL
Schwerpunkte: Logistik und Transportwirtschaft,
internationales und interkulturelles Management
Diplomarbeit: Potenzialanalyse der Binnenschifffahrt im
Schwergutverkehr

Okt. 1993 – März 1998 Universität Wien
Zentrum für Translationswissenschaft:
Sprachenkombination Russisch/Deutsch/Englisch
2. Abschnitt: Dolmetscherausbildung Russisch/Deutsch
Fächerkombination mit Handelswissenschaften
(Wirtschaftsuniversität Wien)
Diplomarbeit (eingereicht im Sept. 2009): Russisch-
deutsche Terminologie der Lichttechnik unter besonderer
Berücksichtigung der LED-Technologie

Sept. 1988 – Jun. 1993 Lomonossow-Universität Moskau
Institut für südosteuropäische Geschichte
Diplomarbeit: Nationalitätenpolitik der Habsburger
Monarchie in der serbischen Vojvodina zwischen 1860 und
1867

Okt. 1992 – März 1993 Forschungssemester am Osteuropa-Institut der
Universität Wien

Sept. 1978 – Jun. 1988 Gymnasium, Moskau

BERUFSERFAHRUNG

Seit Feb. 2005	Zumtobel Lighting GmbH, Dornbirn Web-Redakteurin und Leiterin des Teams Neue Medien
Dez. 2000 – Jan. 2005	Donau Transport Entwicklungsgesellschaft m.b.H – via donau, Wien
Feb. 2002 – Jan. 2005	Junior Project Manager, Abteilung Information & Communication
Aug. 2001 – Feb. 2002	Assistentin Marketing und PR
Dez. 2000 – Aug. 2001	Assistentin der Geschäftsführung
Jul. – Okt. 2000	The Business Solution Architects, Klosterneuburg Junior Consultant
Sept. 1999 – Jun. 2000	Plaut Austria GmbH, Wien Vertriebs- und Marketingassistentin
März – Aug. 1999	Wiener Städtische Allgemeine Versicherungs AG, Wien Verkaufstraineef
Jun. – Nov. 1998	Philips Österreich, Domestic Appliances & Personal Care Eastern Europe, Wien Logistik-Assistentin

AUSBILDUNGSBEGLEITENDE TÄTIGKEITEN

März 1996 – Apr. 1998	technische Übersetzungen, Herz Armaturen AG, Wien
1994 – 1995	Conference Services, AHR Reisen und Konferenzen, Wien
	Conference Clerk, UNIDO, Wien
Feb. 1993 – Sept. 1994	Weksler Handelsges.m.b.H., Wien, Assistentin der Geschäftsführung
Jul. 1988 – Jun. 1992	Germa OOO, Moskau, Assistentin der Geschäftsführung

SPEZIELLE KENNTNISSE UND FÄHIGKEITEN

Fremdsprachen	Russisch (Muttersprache) Englisch fließend: Cambridge Certificate in English for International Business and Trade Französisch (Schulniveau) Serbisch gut in Wort und Schrift
EDV	MS Office, Photoshop, Visio Content Management Systeme typo 3 und RedDot

WEITERBILDUNG

27. Feb. 2009	Kurs „Power Day E-Marketing“, Text-Akademie, München
Jan. – Feb. 2009	Grundlagen Photoshop CS 3, WiFi Dornbirn
Okt. 2006 – Jan. 2007	L1 Junior Manager: Training für Zumtobel-Führungskräfte
30.06. – 02.07.2004	Zielgruppenorientiertes Wording, Texten und Redigieren, yvon.media
27.05. – 28.08.2004	Erfolgreich PR-Texten, Intensivtraining, Symposia Event
26.11 – 27.11.2003	Seminar für junge Führungskräfte, Gesellschaft für
20.01 – 21.01.2004	Wirtschaftspsychologie und Organisationsdynamik
09. – 11.11.2003	Effective Business Presentations, Hierhold Presentation Services
16.07. – 03.08.2001	Le course de français intensif, Langue-Onze, Toulouse
03.07. – 21.07.1995	English language course for students of English philology and teacher of English, Bath English Language School
26.09. – 14.10.1994	English language course, International Language Academy Bournemouth
17.06 – 18.06.1998	MS-Excel 5.0 Aufbau, PhilipSchool Österreich